*"Já perdoei erros quase imperdoáveis, tentei substituir pessoas insubstituíveis e esquecer pessoas inesquecíveis. Já fiz coisas por impulso, já me decepcionei com pessoas quando nunca pensei me decepcionar, mas também decepcionei alguém. Já abracei para proteger, já dei risada quando não podia, fiz amigos eternos, amei e fui amado, mas também fui rejeitado, fui amado e não amei. Já gritei e pulei de tanta felicidade, já vivi de AMOR e quebrei a cara muitas vezes! Já CHOREI ouvindo música e vendo fotos, já liguei só para ouvir a voz, me apaixonei por um sorriso, já pensei que fosse morrer de tanta saudade, tive medo de perder alguém especial (e acabei perdendo)! Mas vivi! Viva! Não passo pela vida... você também não deveria passar! **Bom mesmo é ir à luta com determinação, abraçar a vida e viver com paixão, perder com classe e vencer com ousadia, porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito para ser insignificante.**"*

Charles Chaplin

O estudo da Física é motivado não somente para a aprovação em vestibulares ou no ENEM, vai bem além disso... Basicamente, o estudo, seja da ciência que for, deve ser considerado como uma fonte de conhecimento voltada para melhor compreensão do universo à nossa volta de modo a desenvolver as melhores habilidades e competências para enfrentar os diversos problemas de nosso cotidiano.

No entanto, nesse momento, estamos focados na divertida e empolgante missão de entrar na UNIVERSIDADE o que nos leva a crer que após vários anos de estudo você já deve conhecer os inúmeros tipos de exercícios sobre os assuntos que compõem o currículo escolar. Naturalmente cada aluno, a seu modo, aprendeu a resolver tais exercícios. É interessante ressaltar que em cada área de estudo há aspectos diferentes a serem abordados e analisados. Especificamente na área de exatas aparecem exercícios em que a sequência na análise do enunciado é fundamental. Para você que está prestes a enfrentar os exames vestibulares, o roteiro apresentado a seguir será muitíssimo útil, principalmente para uma **sistematização mais eficaz** na resolução dos problemas numéricos, com a consequente **economia de tempo e baixo desgaste emocional** – fatores importantes para o sucesso em um exame.

ROTEIRO SIMPLIFICADO PARA A INTERPRETAÇÃO DE UM ENUNCIADO

1. **Leitura inicial**➔ fase de interpretação de texto – identificam-se os aspectos gerais do problema:
   - os **assuntos** que estão sendo questionados;
   - as **perguntas** apresentadas

2. **Identificação dos dados**➔ etapa de associação dos dados numéricos com as respectivas **grandezas** que estão sendo qualificadas e quantificadas. Também é nessa fase que adotamos um **sistema de unidades** mais conveniente para o conjunto dos dados apresentados.

3. **Raciocínio**➔ análise da sequência dos fenômenos sucedidos, prestando muita atenção em:
   - como os dados serão utilizados, ou seja, em que **"Fórmulas"** serão aproveitadas;
   - quais são os **dados relevantes** e os não-relevantes no problema.

4. **Equacionamento**➔ tradução do português para a linguagem matemática.

5. **Desenvolvimento matemático**➔ determinação dos valores das incógnitas.

6. **Respostas**➔ jamais esquecer de colocar as unidades de medida (quando as grandezas não forem adimensionais), **sem as quais as respostas ficam incompletas**.

7. **Verificação**➔ analisar, rapidamente, se os resultados obtidos são compatíveis com os fenômenos que se sucedem no problema; basta um pouco de bom senso aliado à lógica.

Com esses fundamentos em mente vamos iniciar nosso divertido passeio no mundo da Física nos caminhos da Termodinâmica, do Eletromagnetismo e da Física Moderna.

Frederico Mercadante

TERMODINÂMICA

A energia cinética das moléculas de um corpo (agitação térmica) constitui a **energia térmica**.

Calor é a energia térmica **em trânsito** entre corpos a diferentes temperaturas.
Unidades de calor:
• No SI: joule (símbolo: J)
• Unidade prática: caloria (símbolo: cal)
• Relação: 1 cal = 4,1868 J

Temperatura é a medida do **grau de agitação** das moléculas de um corpo.
Dois corpos estão em **equilíbrio térmico** quando possuem **temperaturas iguais**.

LEI ZERO DA TERMODINÂMICA

Dois corpos em equilíbrio térmico com um terceiro estão em equilíbrio térmico entre si.

ESTADOS DE AGREGAÇÃO DA MATÉRIA

• **Sólido**: Volume e forma definidos. As forças de coesão entre as moléculas são muito
intensas.
• **Líquido**: Volume definido; assume a forma do recipiente que o contém. As forças de coesão entre as moléculas ainda são apreciáveis, mas menos intensas que no estado sólido.
• **Gasoso**: Nem volume nem forma definidos; assume o volume e a forma do recipiente que o contém. As forças de coesão entre as moléculas são pouco intensas.

A **sensação térmica** estabelece um critério impreciso para a medida da temperatura.
O **termômetro** é um sistema auxiliar que permite, indiretamente, avaliar a temperatura.
Substância termométrica: substância da qual uma das propriedades tem sua medida
associada à temperatura.
No **termômetro de mercúrio**, a substância termométrica é o mercúrio; a altura de
uma coluna desse líquido é a **grandeza termométrica** desse termômetro.
Função termométrica de um termômetro é a fórmula que relaciona os valores da
grandeza termométrica com os valores da temperatura.
Pontos fixos: sistemas cujas temperaturas são invariáveis no decorrer do tempo e que
podem ser reproduzidos facilmente quando necessário.
Ponto do gelo: fusão do gelo sob pressão normal (1 atm).
Ponto do vapor: ebulição da água sob pressão normal (1 atm).
A **escala Celsius** adota os valores de 0 °C e 100 °C para o ponto do gelo e o ponto do
vapor, respectivamente.
A **escala Fahrenheit** adota os valores 32 °F e 212 °F para o ponto do gelo e o ponto do
vapor, respectivamente.

CONVERSÃO ENTRE TEMPERATURAS NAS ESCALAS CELSIUS (θ_C), FAHRENHEIT (θ_F) E KELVIN (θ_K)

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} = \frac{\theta_K - 273}{5}$$

RELAÇÃO ENTRE A VARIAÇÃO DE TEMPERATURA NAS ESCALAS CELSIUS ($\Delta\theta_C$), FAHRENHEIT ($\Delta\theta_F$) E KELVIN ($\Delta\theta_K$)

$$\frac{\Delta\theta_C}{5} = \frac{\Delta\theta_F}{9} = \frac{\Delta\theta_K}{5}$$

DILATAÇÃO TÉRMICA

A **dilatação térmica** é o aumento da distância entre as partículas do sistema com o aumento da temperatura, acarretando aumento das dimensões.

DOS SÓLIDOS

- **Linear**

$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta\theta$ e $L = L_0(1 + \alpha \cdot \Delta\theta)$

- **Superficial**

$\Delta A = \beta \cdot A_0 \cdot \Delta\theta$ e $A = A_0(1 + \beta \cdot \Delta\theta)$

- **Volumétrica**

$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta\theta$ e $V = V_0(1 + \gamma \cdot \Delta\theta)$

CALOR: energia térmica em trânsito entre corpos a diferentes temperaturas.

QUANTIDADE DE CALOR (Q): grandeza por meio da qual avalia-se a energia em trânsito (calor) entre sistemas a diferentes temperaturas.
Unidade do SI: joule (J)
Unidade usual: caloria (cal)
Relação: 1 cal = 4,1868 J

Calor sensível: produz variação de temperatura.

$Q = mc \cdot \Delta\theta$

em que m é a massa; c é o calor específico e $\Delta\theta$ é a variação de temperatura; o calor específico (c) de uma

substância mede numericamente a quantidade de calor que faz variar em 1 °C a temperatura da massa de 1g da substância Unidade usual: cal/g °C

$$\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$$

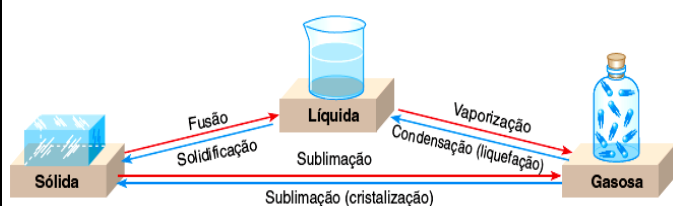
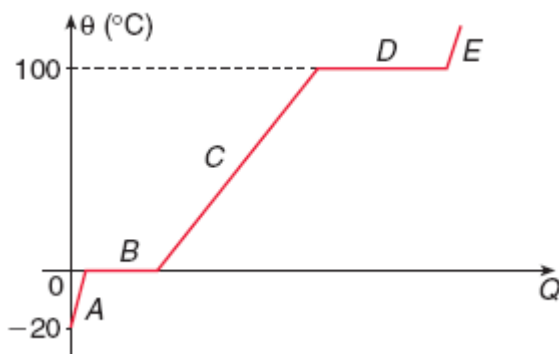
Aumento de temperatura → Calor recebido

$$\theta_f > \theta_i \Rightarrow \Delta\theta > 0 \Rightarrow Q > 0$$

Diminuição de temperatura → Calor cedido

$$\theta_f < \theta_i \Rightarrow \Delta\theta < 0 \Rightarrow Q < 0$$

Calor latente: numericamente é a quantidade de calor que a substância troca (ganha ou perde), por unidade de massa, durante a mudança de estado, mantendo-se constante a temperatura.
Unidade: cal/g

$$Q = mL$$

CURVA DE AQUECIMENTO DA ÁGUA (p=1atm)

A: aquecimento do gelo.
B: fusão do gelo (a 0 ºC).
C: aquecimento da água líquida.
D: vaporização da água líquida (a 100 ºC).
E: aquecimento do vapor.

FLUXO DE CALOR

$$\phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

em que *Q* é a quantidade de calor transmitida e Δt é o intervalo de tempo.
Unidades do fluxo de calor: cal/s; cal/min, W.

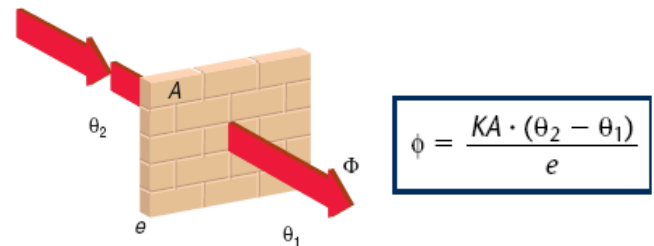
Nas trocas de calor em sistemas isolados vale:

$$\sum Q_{trocadas} = 0$$

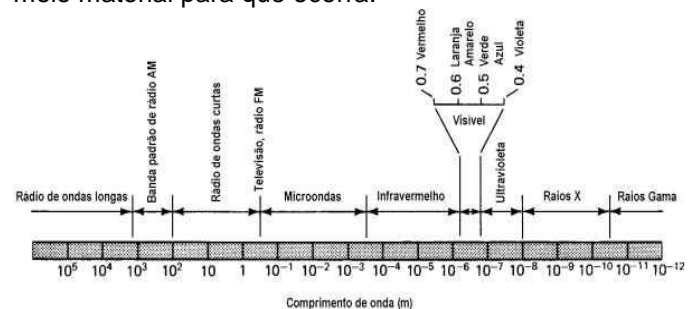
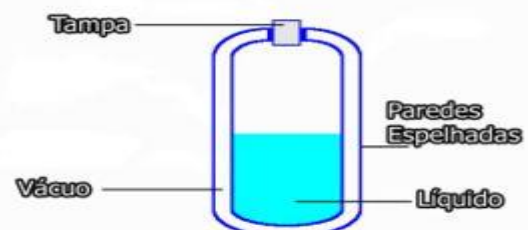
$$Q_1 + Q_2 + \ldots + Q_{n-1} + Q_n = 0$$

Condução térmica: transmissão em que a energia térmica se propaga por meio da agitação molecular.

Lei de Fourier

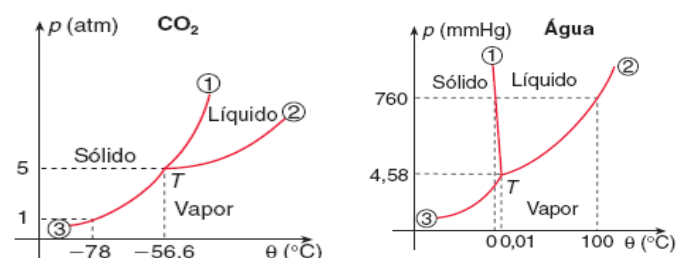
$$\phi = \frac{KA\cdot(\theta_2 - \theta_1)}{e}$$

Os bons condutores, como os metais, têm valor baixo para a constante K (coeficiente de condutibilidade térmica do material), já os isolantes térmicos (madeira, isopor, lã etc.) têm valor elevado para a constante K.

Convecção térmica: transmissão da energia térmica, que ocorre nos fluidos, devido à movimentação do próprio material aquecido, cuja densidade varia com a temperatura.

Irradiação térmica: processo de transferência de energia através de ondas eletromagnéticas na freqüência do infravermelho (**IV**) não necessitando de meio material para que ocorra.

VASO DE DEWAR

Tampa: Impede o contato com o ar externo evitando assim o processo de convecção.

Paredes Espelhadas: Impedem o processo de radiação

Vácuo: Impede o processo de convecção e condução, já que os mesmos não se propagam no vácuo

DIAGRAMAS DE FASES DO DIÓXIDO DE CARBONO (CO_2) E DA ÁGUA

Curva de fusão (1)
Delimita as regiões correspondentes às fases sólida e líquida. Cada ponto dela é representativo de um estado de equilíbrio entre essas fases.

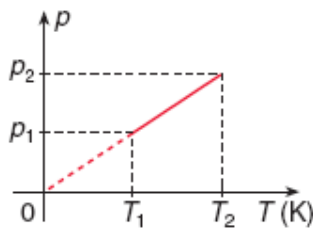
Curva de vaporização (2)
Delimita as regiões correspondentes às fases líquida e de vapor. Cada ponto dela é representativo de um estado de equilíbrio entre essas fases.

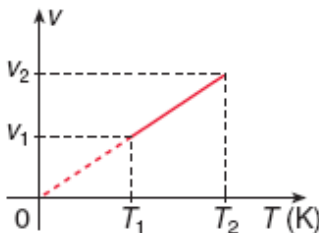
Curva de sublimação (3)
Delimita as regiões correspondentes às fases sólida e de vapor. Cada ponto dela é representativo de um estado de equilíbrio entre essas fases.
Ponto triplo ou tríplice (*T*)
Estado comum às três curvas; é representativo do equilíbrio entre as três fases da substância.

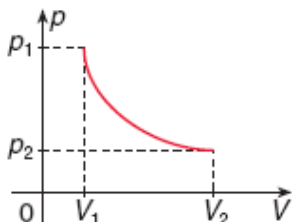
INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NA TEMPERATURA DE MUDANÇA DE FASE

Regra geral: Um aumento na pressão faz com que a substância mude de fase numa temperatura mais alta.
Como exemplo, temos que a água ferve a 100 °C ao nível do mar (p_{atm} = 1 atm) e ferve numa temperatura menor que 100 °C no alto de uma montanha (p_{atm} < 1 atm).

TRANSFORMAÇÕES GASOSAS

Transformação isocórica, isométrica ou isovolumétrica (V=cte)

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

Transformação isobárica (p=cte)

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Transformação isotérmica (T=cte)

$$p_1V_1 = p_2V_2$$

EQUAÇÃO DE CLAYPERON

$$pV = nRT$$

em que:

$$n = \frac{m}{M}$$

(n: número de mols; m: massa do gás; M: massa molar)

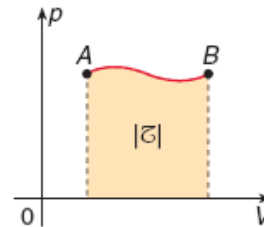
e
R = 0,082 atm.L/mol.K = 8,31 J/mol.K

LEIS DA TERMODINÂMICA

- **Trabalho numa transformação (W)**

Expansão (ΔV > 0) => W > 0 (realizado **pelo** gás).
Compressão (ΔV < 0) => W < 0 (realizado **sobre** o gás).
Se a transformação é **isobárica** (*p* constante):

$$\tau = p \cdot \Delta V$$

ou

$$|\tau| \overset{N}{=} \text{Área}$$

- **Energia interna (U)**

A energia interna (*U*) de um corpo é a soma das energias cinética e potencial de suas moléculas.
Para *n* mols de um gás suposto ideal e monoatômico:

$$U = \frac{3}{2}nRT$$

- **Lei de Joule dos gases ideais**

A energia interna de dada quantidade de gás perfeito é função exclusiva de sua temperatura.
Para uma variação de temperatura ΔT, temos:

$$\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$$

PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

$$\Delta U = Q - \tau$$

em que ΔU é a variação de energia interna; *Q* é a quantidade de calor trocada e W é o trabalho realizado no processo.

TRANSFORMAÇÕES GASOSAS

- **Transformação isotérmica (T=cte)**

$$\Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$$

$$\text{Trabalho e calor: } \tau = Q$$

- **Transformação isobárica (P=cte)**

$$\text{Trabalho: } \tau = p \cdot \Delta V$$

$$\text{Calor: } Q = mc_p \cdot \Delta T \text{ ou } Q = nC_p \cdot \Delta T$$

$$\text{Como } Q \neq \tau \Rightarrow \Delta U \neq 0$$

- **Transformação isocórica (ΔV=0)**

Trabalho: $\tau = 0$

Calor: $Q = mc_v \cdot \Delta T$ ou $Q = nC_v \cdot \Delta T$

$$\Delta U = Q - \tau \Rightarrow \boxed{\Delta U = Q}$$

Relação de Mayer: $\boxed{C_p - C_v = R}$

- **Transformação adiabática**

$$\boxed{Q = 0} \Rightarrow \boxed{\Delta U = -\tau}$$

Lei de Poisson: $\boxed{pV^{\gamma} = \text{constante}}$, em que $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$

Expansão adiabática (V aumenta)

$$\boxed{\begin{array}{c}\tau > 0 \Rightarrow \Delta U < 0 \\ T \text{ diminui; } p \text{ diminui}\end{array}}$$

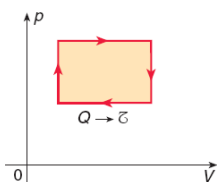
Compressão adiabática (V diminui)

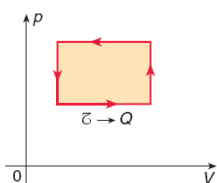
$$\boxed{\begin{array}{c}\tau < 0 \Rightarrow \Delta U > 0 \\ T \text{ aumenta; } p \text{ aumenta}\end{array}}$$

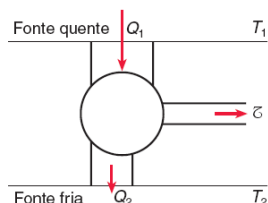
TRANSFORMAÇÃO CÍCLICA (CICLO)

$\boxed{\Delta U = 0}$ (estado final coincide com o inicial)

$\boxed{\tau = Q}$ (módulos dados numericamente pela área interna do ciclo)

Ciclo em sentido horário

Há conversão de calor em trabalho.

Ciclo em sentido anti-horário

Há conversão de trabalho em calor.

MÁQUINA TÉRMICA (SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA)

em que

Q_1 é o calor retirado da fonte quente.

Q_2 é o calor rejeitado para a fonte fria.

τ é o trabalho útil obtido.

Rendimento

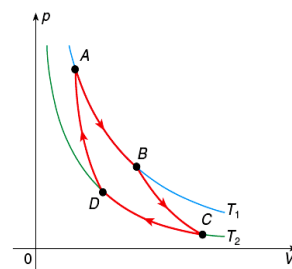
$$\boxed{\eta = \frac{\tau}{Q} \text{ ou } \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}}$$

CICLO DE CARNOT

Ciclo teórico que proporcionaria o **rendimento máximo** a uma máquina térmica entre duas dadas temperaturas.

- AB e CD: transformações isotérmicas.
- BC e DA: transformações adiabáticas.

Para a máquina de Carnot, temos:

$$\boxed{\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}} \text{ e } \boxed{\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}}$$

PRINCÍPIO DA DEGRADAÇÃO DA ENERGIA (SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA)

À medida que o Universo evolui, diminui a possibilidade de se conseguir energia útil ou trabalho de um sistema.

Em todos os fenômenos naturais há uma tendência para evolução a um estado de maior desordem (maior entropia).

Variação de entropia (ΔS)

É a medida da ineficácia da energia de um sistema.

$$\boxed{\Delta S = \frac{Q}{T}}$$

A unidade de variação de entropia no Sistema Internacional de Unidades é o **joule por kelvin** (símbolo: J/K).

ELETRICIDADE

Corpo eletrizado é o corpo que possui excesso de elétrons (carga negativa) ou falta de elétrons (carga positiva)

PRINCÍPIOS DA ELETROSTÁTICA

Princípio da atração e repulsão

- Cargas elétricas de mesmo sinal repelem-se;
- Cargas elétricas de sinais opostos atraem-se.

Princípio da conservação das cargas elétricas

Num sistema eletricamente isolado, a soma algébrica das quantidades de cargas positivas e negativas é constante.

CONDUTORES E ISOLANTES

Condutores elétricos

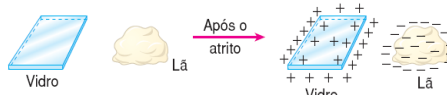
Meios materiais nos quais as cargas elétricas movimentam-se com facilidade.

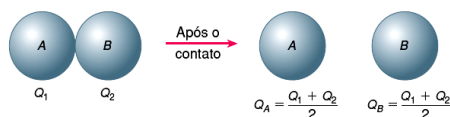
Isolantes elétricos ou dielétricos

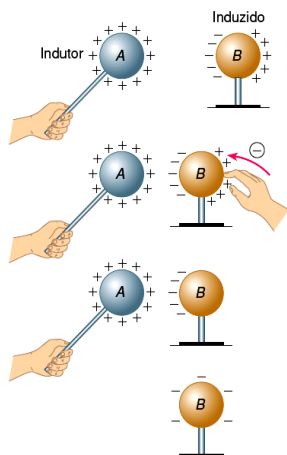
Meios materiais nos quais as cargas elétricas não têm facilidade de movimentação.

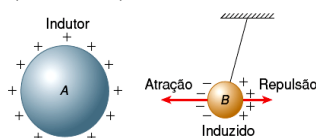
Elétrons livres: elétrons mais afastados do núcleo atômico, ligados fracamente a ele. Os elétrons livres são os responsáveis pela condução de eletricidade nos metais.

ELETRIZAÇÃO POR ATRITO

Os corpos atritados adquirem cargas de mesmo valor absoluto e de sinais opostos:

ELETRIZAÇÃO POR CONTATO

Os condutores adquirem cargas de mesmo sinal. Se os condutores tiverem mesma forma e mesmas dimensões, a carga final será igual para os dois e dada pela média aritmética das cargas iniciais:

ELETRIZAÇÃO POR INDUÇÃO

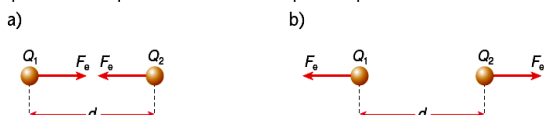
O condutor induzido adquire carga de sinal oposto à do condutor indutor. A figura seguinte apresenta a seqüência dos procedimentos no caso de o indutor ter carga positiva.

• **Corpo eletrizado atraindo um corpo neutro**

Por indução um corpo eletrizado pode atrair um condutor neutro

As cargas positivas de *A* atraem as negativas de *B* e repelem as positivas de *B*. A força de atração tem intensidade maior que a de repulsão.

LEI DE COULOMB

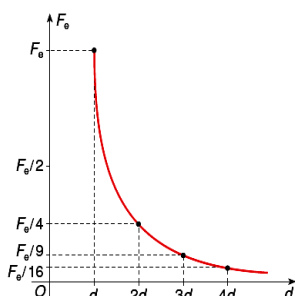
A intensidade da força de ação mútua entre duas cargas elétricas puntiformes é diretamente proporcional ao produto dos valores absolutos das cargas e inversamente porporcional ao quadrado da distância que as separa.

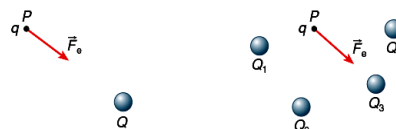
a)

b)

$F_e = k \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}$ *k*: constante eletrostática do meio onde estão as cargas

No vácuo: $k_0 = 9 \cdot 10^9 \ \frac{N \cdot m^2}{C^2}$

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de carga elétrica é o **coulomb** (símbolo: C).

Graficamente, a intensidade da força elétrica (F_e) em função da distância entre as cargas (*d*) é dada por:

CONCEITO DE CAMPO ELÉTRICO

Uma carga elétrica puntiforme *Q*, ou uma distribuição de cargas, modifica a região que a envolve, de modo que, ao colocarmos uma carga elétrica puntiforme *q* num ponto *P* dessa região, ela ficará sob ação de uma força $\vec{F}_e$, de origem elétrica. Dizemos que a carga elétrica *Q* ou a distribuição de cargas origina ao seu redor um **campo elétrico**.

O campo elétrico desempenha o papel de transmissor de interações entre cargas elétricas.

Vetor campo elétrico $\vec{E}$

A força elétrica $\vec{F}_e$ que age em *q* é dada pelo produto de dois fatores:

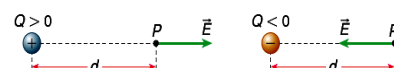
• um escalar, que é a carga elétrica *q*;

• outro vetorial, que caracteriza a ação da carga *Q*, ou da distribuição de cargas, em cada ponto *P* do campo. Este fator é indicado por $\vec{E}$ e recebe o nome de **vetor campo elétrico** em *P*. Assim, podemos escrever:

$$\vec{F}_e = q\vec{E}$$

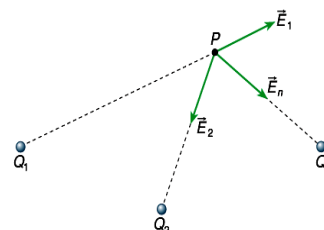
• Se *q* é positiva ($q > 0$), $\vec{F}_e$ e $\vec{E}$ têm o mesmo sentido.
• Se *q* é negativa ($q < 0$), $\vec{F}_e$ e $\vec{E}$ têm sentidos contrários.
F_e e $\vec{E}$ têm sempre a mesma direção.

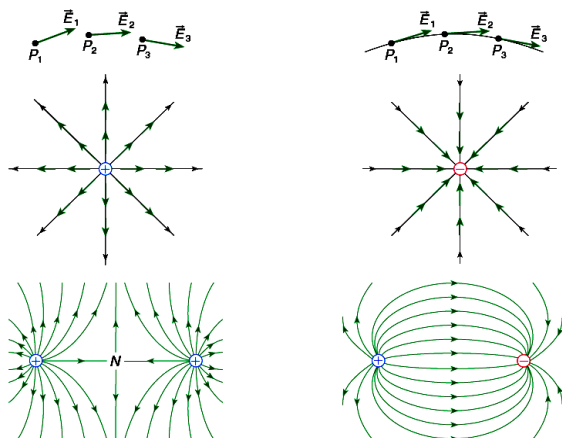
Unidade de intensidade do vetor campo elétrico no SI: newton por coulomb (N/C).

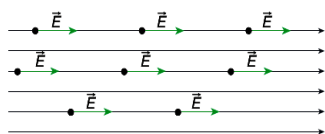
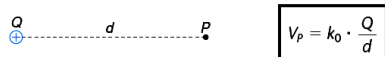
CAMPO ELÉTRICO DE UMA CARGA PUNTIFORME Q FIXA

• **Intensidade:** $E = k_0 \cdot \frac{|Q|}{d^2}$

• **Direção**: da reta que une a carga ao ponto *P*.

• **Sentido**: de afastamento se *Q* positiva ($Q > 0$); de aproximação se *Q* negativa ($Q < 0$).

CAMPO ELÉTRICO DE VÁRIAS CARGAS PUNTIFORMES FIXAS

LINHAS DE FORÇA

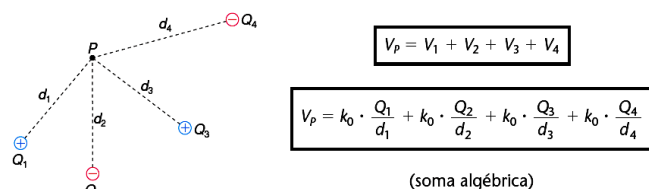
Linhas tangentes ao vetor campo elétrico em cada um de seus pontos. São orientadas no sentido do vetor campo elétrico.

CAMPO ELÉTRICO UNIFORME

O vetor campo elétrico $\vec{E}$ é o mesmo em todos os pontos; as linhas de força são retas paralelas igualmente espaçadas e de mesmo sentido.

POTENCIAL ELÉTRICO NO CAMPO DE UMA CARGA ELÉTRICA PUNTIFORME Q

- Referencial no infinito: $d \to \infty \Rightarrow V = 0$
- V é grandeza escalar que tem o sinal da carga Q
- V é a medida em volt (símbolo: V) no SI

POTENCIAL ELÉTRICO NO CAMPO DE VÁRIAS CARGAS ELÉTRICAS PUNTIFORMES

$$V_P = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

$$V_P = k_0 \cdot \frac{Q_1}{d_1} + k_0 \cdot \frac{Q_2}{d_2} + k_0 \cdot \frac{Q_3}{d_3} + k_0 \cdot \frac{Q_4}{d_4}$$

(soma algébrica)

ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA (E_p)

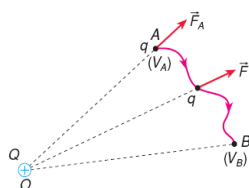
Uma carga elétrica puntiforme q, ao ser colocada num ponto P de um campo elétrico, adquire energia potencial elétrica E_p dada por:

$$E_p = qV_P$$

em que V_P é o potencial elétrico do ponto P.

Se o campo elétrico for originado por uma carga elétrica puntiforme Q, fixa num ponto O, e o ponto P estiver a uma distância d de O, temos:

$$E_p = k_0 \cdot \frac{Qq}{d}$$: energia potencial elétrica do par de cargas Q e q. (referencial no infinito)

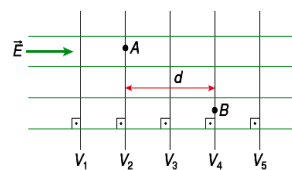
TRABALHO DA FORÇA ELÉTRICA NO DESLOCAMENTO DE UMA CARGA DO PONTO A AO PONTO B DE UM CAMPO ELÉTRICO

$$\tau_{AB} = E_{p_A} - E_{p_B} = qV_A - qV_B \Rightarrow \tau_{AB} = q \cdot (V_A - V_B)$$

- $V_A - V_B = U$ é a ddp (diferença de potencial) ou tensão elétrica entre os pontos A e B.
- O trabalho da força elétrica não depende da trajetória. A força elétrica é **conservativa**.

SUPERFÍCIE EQÜIPOTENCIAL

Toda superfície cujos pontos apresentam o mesmo potencial elétrico.

As linhas de força são perpendiculares às superfícies eqüipotenciais.

CARACTERÍSTICAS DO CAMPO UNIFORME

- As superfícies eqüipotenciais são planos paralelos entre si e perpendiculares às linhas de força.
- O trabalho no deslocamento de uma carga q entre os pontos A e B é dado por:

$$\tau_{AB} = q \cdot (V_A - V_B) \quad \text{e} \quad \tau = qEd$$

- Relação: $Ed = V_A - V_B$ ou $Ed = U$

CONDUTOR EM EQUILÍBRIO ELETROSTÁTICO

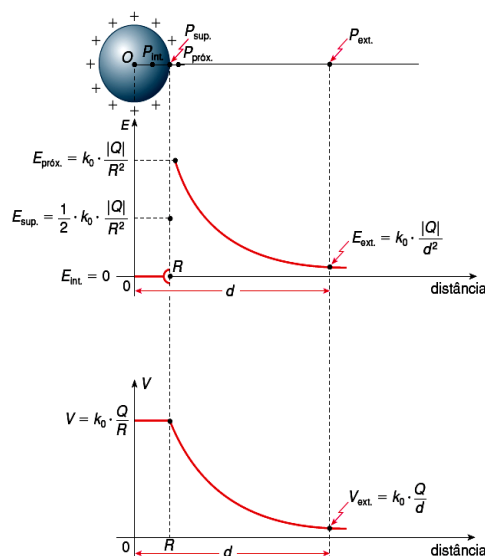
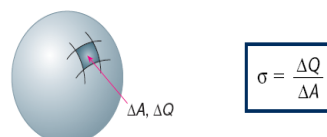
- O campo elétrico resultante nos pontos internos do condutor é nulo.
- O potencial elétrico em todos os pontos internos e superficiais do condutor é constante.

DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS

As cargas elétricas em excesso num condutor em equilíbrio eletrostático distribuem-se por sua superfície externa.

CAMPO E POTENCIAL DE UM CONDUTOR ESFÉRICO

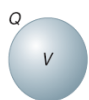
DENSIDADE ELÉTRICA SUPERFICIAL

$$\sigma = \frac{\Delta Q}{\Delta A}$$

Densidade elétrica superficial de um condutor esférico de raio R

$$\sigma = \frac{Q}{4\pi R^2}$$

PODER DAS PONTAS

Em regiões pontiagudas é maior a densidade elétrica superficial e, portanto, é maior a concentração de cargas.

CAPACITÂNCIA OU CAPACIDADE ELETROSTÁTICA DE UM CONDUTOR ISOLADO

Capacitância eletrostática de um condutor esférico de raio *R*

$$\text{unidade de capacitância} = \frac{\text{unidade de carga}}{\text{unidade de potencial}}$$

No Sistema Internacional de Unidades, temos:

$$\text{unidade de capacitância} = 1\ \frac{\text{coulomb}}{\text{volt}} = 1\ \text{farad} = 1\text{F}$$

EQUILÍBRIO ELÉTRICO DE CONDUTORES

- **Potencial comum** (após o contato)

$$V = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{C_1 + C_2 + C_3} \quad \text{ou} \quad V = \frac{C_1V_1 + C_2V_2 + C_3V_3}{C_1 + C_2 + C_3}$$

Q_1, Q_2 e Q_3: cargas iniciais
V_1, V_2 e V_3: potenciais iniciais

- **Cargas finais:**

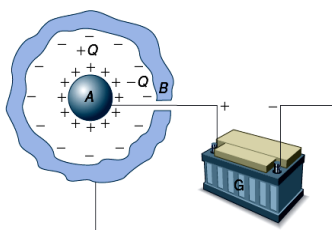
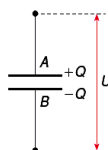
$$Q'_1 = C_1V \qquad Q'_2 = C_2V \qquad Q'_3 = C_3V$$

TERRA: POTENCIAL ELÉTRICO DE REFERÊNCIA

Convenciona-se que o potencial da Terra é nulo:

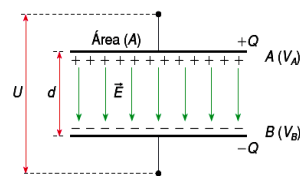
$$V_T = 0$$

CAPACITOR OU CONDENSADOR

É um dispositivo cuja função é armazenar cargas elétricas. Consta essencialmente de dois condutores *A* e *B*, denominados armaduras, entre os quais ocorre indução total. As armaduras são separadas uma da outra por um isolante.

- **Símbolo do capacitor:**

- **Capacitância** ou **capacidade eletrostática de um capacitor** é o quociente constante da sua carga *Q* pela ddp *U* entre suas armaduras:

$$C = \frac{Q}{U}$$

CAPACITOR PLANO

O capacitor plano é formado de duas armaduras planas, iguais, cada uma de área *A*, colocadas paralelamente a uma distância *d* uma da outra.

- A capacitância de um capacitor plano a vácuo é dada por:

$$C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

onde ε_0 é a permitividade absoluta do vácuo. No Sistema Internacional, temos:

$$\varepsilon_0 = 8{,}8 \cdot 10^{-12}\ \frac{\text{F}}{\text{m}}$$

- O campo elétrico entre as armaduras do capacitor plano é uniforme e tem intensidade:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

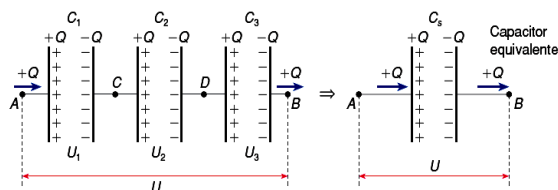
onde $\sigma = \frac{Q}{A}$ é a densidade elétrica superficial.

Observação:

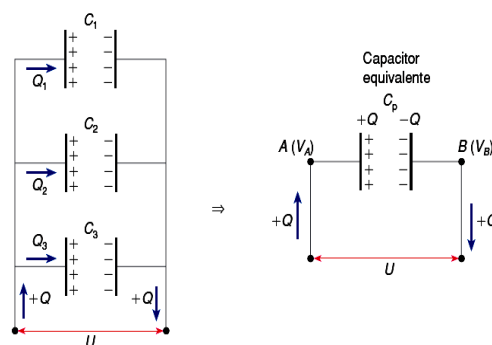
A permitividade absoluta do vácuo (ε_0) e a constante da Eletrostática k_0 para o vácuo relacionam-se pela fórmula:

$$k_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

ASSOCIAÇÃO DE CAPACITORES

Associação em série

Propriedades:

- Todos os capacitores apresentam mesma carga *Q*.
- $U = U_1 + U_2 + U_3$
- $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

Associação em paralelo

Propriedades:

- Todos os capacitores apresentam a mesma ddp *U*.
- $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$
- $C_p = C_1 + C_2 + C_3$

ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA ARMAZENADA POR UM CAPACITOR

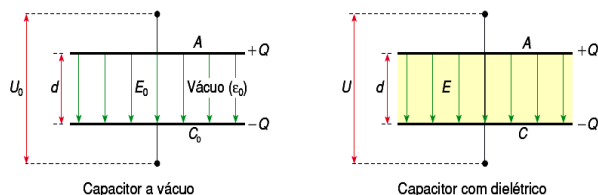
A energia potencial elétrica armazenada por um capacitor é dada por:

$$W = \frac{QU}{2} \quad \text{ou} \quad W = \frac{CU^2}{2}$$

DIELÉTRICOS

O dielétrico é introduzido entre as placas do **capacitor carregado** e **desligado do gerador**:

Capacitor a vácuo

Capacitor com dielétrico

As seguintes relações são válidas quando se introduz um dielétrico ou isolante entre as armaduras de um capacitor:

em que K é a constante dielétrica do isolante

RIGIDEZ DIELÉTRICA DE UM ISOLANTE

É o valor máximo do campo elétrico que um isolante suporta sem se ionizar.

CORRENTE ELÉTRICA

É todo movimento ordenado de cargas elétricas.

INTENSIDADE MÉDIA DE CORRENTE ELÉTRICA

É o quociente da carga elétrica Δq que passa pela seção transversal de um condutor pelo intervalo de tempo Δt correspondente:

$$i_m = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Intensidade instantânea de corrente elétrica

É o limite para o qual tende a intensidade média, quando o intervalo de tempo Δt tende a zero:

$$i = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

A unidade de intensidade de corrente elétrica é o **ampère** (A).

Sendo n o número de elétrons que constituem a carga elétrica Δq e e a carga elétrica elementar, temos:

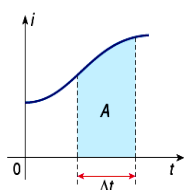
$$\Delta q = ne$$

Corrente elétrica contínua constante

É toda corrente elétrica de sentido e intensidade constantes com o tempo. Neste caso, a intensidade média de corrente i_m é a mesma em qualquer intervalo de tempo e igual à intensidade i em qualquer instante: $i_m = i$.

Corrente elétrica alternada

É toda corrente elétrica que muda periodicamente de sentido e intensidade.

- No gráfico da intensidade da corrente instantânea i em função do tempo t, a área, num certo intervalo de tempo, é numericamente igual à carga elétrica que atravessa a seção transversal do condutor, nesse intervalo de tempo.

(numericamente)

POTÊNCIA ELÉTRICA

Potência elétrica consumida ou **fornecida** num trecho de circuito AB, percorrido por corrente de intensidade i e sob ddp U, é dada por:

$$Pot = Ui$$

ENERGIA ELÉTRICA

A **energia elétrica consumida** ou **fornecida** num intervalo de tempo Δt é dada por:

$$E_{el.} = Pot \cdot \Delta t$$

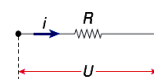
Unidades de potência e de energia elétrica

$$Pot = Ui \qquad W = V \cdot A$$

$$E_{el.} = Pot \cdot \Delta t \qquad J = W \cdot s \qquad kWh = kW \cdot h$$

RESISTOR

É todo elemento de circuito cuja função exclusiva é efetuar a conversão de energia elétrica em energia térmica. O fenômeno da transformação de energia elétrica em energia térmica é denominado **efeito térmico** ou **efeito Joule**.

- Símbolo do resistor:

LEI DE OHM

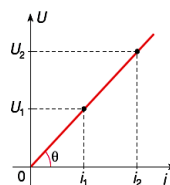
A lei de Ohm estabelece a lei de dependência entre a causa (a ddp U) e o efeito (intensidade de corrente elétrica i) para um resistor:

$U = Ri$, onde R é a resistência elétrica do resistor

No SI a unidade de resistência elétrica é o **ohm** (Ω).

RESISTOR ÔHMICO

É o resistor que obedece à Lei de Ohm, isto é, U é diretamente proporcional a i (ou seja, R é constante para um dado resistor, mantido à temperatura constante).

Curva característica de um resistor ôhmico:

$\text{tg}\theta \overset{N}{=} R$ (numericamente)

POTÊNCIA ELÉTRICA DISSIPADA POR UM RESISTOR

$$Pot = Ui = Ri^2 = \frac{U^2}{R}$$

RESISTIVIDADE

A resistência R de um resistor em forma de fio, de comprimento L e área de seção transversal A, é dada por:

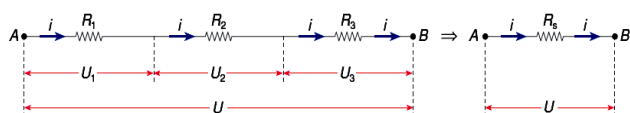
$R = \rho \frac{L}{A}$, onde ρ é a **resistividade do material**.

Variação da resistividade e da resistência com a temperatura

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha \cdot (\theta - \theta_0)] \qquad R = R_0 [1 + \alpha \cdot (\theta - \theta_0)]$$

em que: α é o **coeficiente de temperatura**

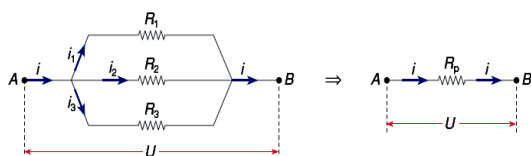
ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Associação em série

- Todos os resistores são percorridos pela mesma corrente elétrica.
- As potências elétricas dissipadas são diretamente proporcionais às respectivas resistências.
- A resistência equivalente é igual à soma das resistências associadas:

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3$$

- A ddp total é a soma das ddps parciais:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

Associação em paralelo

- Todos os resistores estão submetidos à mesma ddp.
- A intensidade de corrente total é igual à soma das intensidades de correntes nos resistores associados:

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

- O inverso da resistência equivalente é igual à soma dos inversos das resistências associadas:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

- As potências elétricas dissipadas são inversamente proporcionais às respectivas resistências.

REOSTATOS

São resistores cuja resistência elétrica pode ser variada.

Fusíveis são dispositivos cuja finalidade é assegurar proteção aos circuitos elétricos.

Provaca-se um **curto-circuito** entre dois pontos de um circuito quando esses pontos são ligados por um condutor de resistência elétrica desprezível.

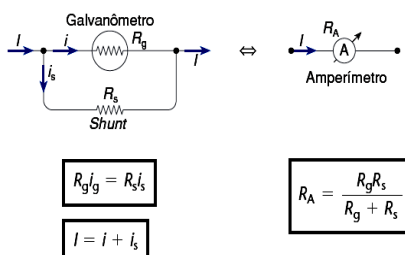
MEDIDOR DE CORRENTE ELÉTRICA

É o aparelho básico das medidas em circuito elétrico.

CORRENTE DE FUNDO DE ESCALA

É o valor máximo da corrente que o medidor suporta.

GALVANÔMETROS

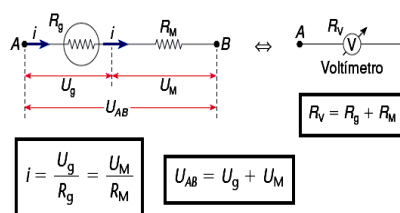
São os medidores de corrente elétrica mais sensíveis. Para que um galvanômetro possa medir correntes mais intensas, deve-se associar em paralelo um resistor de resistência baixa, denominado ***shunt***. O galvanômetro shuntado é o **amperímetro**:

$$R_g i_g = R_s i_s$$

$$I = i + i_s$$

$$R_A = \frac{R_g R_s}{R_g + R_s}$$

- **Amperímetro ideal** é aquele cuja resistência elétrica é nula.

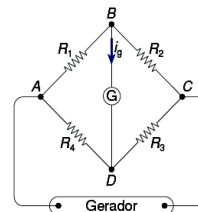
Um galvanômetro ou um amperímetro com uma resistência enorme R_M em série permite medir ddps elevadas, constituindo um **voltímetro:**

$$R_V = R_g + R_M$$

$$i = \frac{U_g}{R_g} = \frac{U_M}{R_M}$$

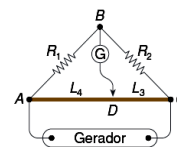
$$U_{AB} = U_g + U_M$$

- **Voltímetro ideal** é aquele cuja resistência elétrica é infinita.

PONTE DE WHEATSTONE

É um circuito onde resistores são ligados conforme o esquema:

- **A ponte de Wheatstone está em equilíbrio** quando o galvanômetro não acusa passagem de corrente elétrica ($i_g = 0$). Nestas condições B e D têm o mesmo potencial ($V_B = V_D$).
- Em uma ponte de Wheatstone, em equilíbrio, são iguais os produtos das resistências opostas:

$$R_1 R_3 = R_2 R_4$$

Ponte de fio

- **Ponte de fio em equilíbrio:**

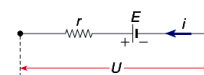
$$R_1 L_3 = R_2 L_4$$

GERADOR ELÉTRICO

É o aparelho que realiza a transformação de uma forma qualquer de energia em energia elétrica.

Força eletromotriz (fem) E de um gerador é o quociente da potência elétrica total gerada (Pot_g) pela intensidade de corrente elétrica (i) que atravessa o gerador:

$$E = \frac{Pot_g}{i}$$

- **Resistência interna** r de um gerador é a resistência elétrica dos condutores que constituem o gerador.
- **Símbolo do gerador:**

POTÊNCIAS DO GERADOR

$$Pot_g = Ei \qquad Pot_t = Ui \qquad Pot_d = ri^2 \qquad Pot_g = Pot_t + Pot_d$$

em que:

Pot_g é a potência elétrica total gerada.

Pot_t é a potência elétrica lançada no circuito externo.

Pot_d é a potência elétrica dissipada internamente.

U é a ddp nos terminais do gerador.

RENDIMENTO ELÉTRICO DO GERADOR

$$\eta = \frac{Pot_t}{Pot_g} \qquad \eta = \frac{U}{E}$$

EQUAÇÃO DO GERADOR

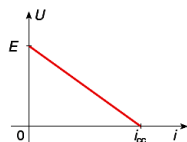
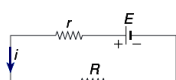
$$U = E - ri$$

- Um gerador está em **circuito aberto** quando não há percurso fechado para as cargas elétricas:

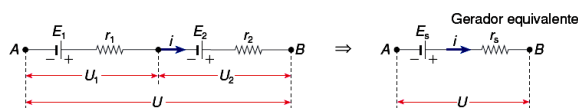
$$i = 0 \text{ e } U = E$$

- Um gerador está em **curto-circuito** quando seus terminais são ligados por um condutor de resistência elétrica desprezível:

$$U = 0 \text{ e } i = i_{cc} = \frac{E}{r}$$

CURVA CARACTERÍSTICA DO GERADOR

LEI DE POUILLET PARA O CIRCUITO GERADOR-RESISTOR

$$i = \frac{E}{R + r}$$

ASSOCIAÇÃO DE GERADORES

Associação em série

⇒

$$E_s = E_1 + E_2$$
$$r_s = r_1 + r_2$$

Associação em paralelo

$$E_p = E$$
$$r_p = \frac{r}{n}$$

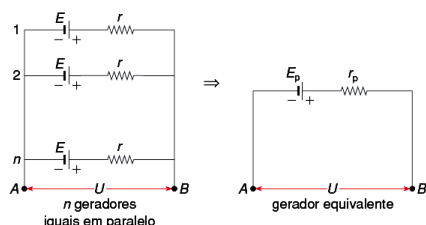
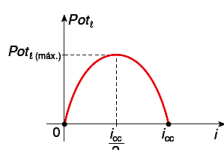



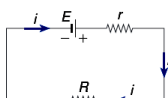
GRÁFICO DA POTÊNCIA ELÉTRICA LANÇADA POR UM GERADOR (POT_t) EM FUNÇÃO DA INTENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA (I).

Quando a potência elétrica lançada é máxima, a corrente elétrica que percorre o gerador tem intensidade igual à metade da intensidade de corrente de curto-circuito e a ddp nos seus terminais é igual à metade de sua fem:

$$i = \frac{i_{cc}}{2} = \frac{E}{2r} \quad \text{e} \quad U = \frac{E}{2}$$

A potência elétrica máxima que o gerador lança vale: $Pot_{t(máx.)} = \dfrac{E^2}{4r}$.

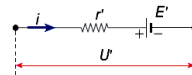
O rendimento do gerador nessas condições é de 50%.

- No circuito gerador-resistor, o gerador lança a máxima potência quando a resistência externa do circuito é igual à resistência interna do gerador:

$$R = r$$

RECEPTOR ELÉTRICO

Receptor elétrico é o aparelho que transforma energia elétrica em outra forma de energia que não seja exclusivamente térmica.

- **Força contra-eletromotriz (fcem)** E' de um receptor é o quociente da potência elétrica útil do receptor (Pot_u) e a intensidade de corrente elétrica (i) que o atravessa.

$$E' = \frac{Pot_u}{i}$$

- **Resistência interna** r' de um receptor é a resistência elétrica dos condutores que constituem o receptor.
- **Símbolo do receptor:**

POTÊNCIAS DO RECEPTOR

$$Pot_f = U'i \qquad Pot_u = E'i \qquad Pot'_d = r'i^2 \qquad Pot_f = Pot_u + Pot'_d$$

em que:

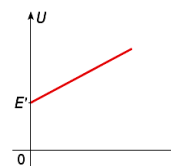
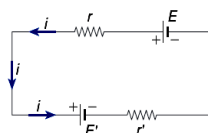
Pot_f é a potência elétrica fornecida ao receptor.
Pot_u é a potência elétrica útil do receptor.
Pot'_d é a potência elétrica dissipada internamente.
U' é a ddp nos terminais do receptor.

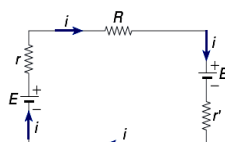
RENDIMENTO ELÉTRICO DO RECEPTOR

$$\eta = \frac{Pot_u}{Pot_f} \qquad \eta = \frac{E'}{U'}$$

EQUAÇÃO DO RECEPTOR

$$U' = E' + r'i$$

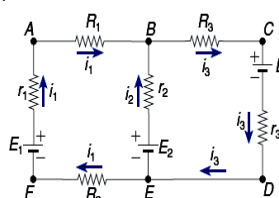
CURVA CARACTERÍSTICA DO RECEPTOR

LEI DE POUILLET PARA O CIRCUITO GERADOR-RECEPTOR

$$i = \frac{E - E'}{r + r'}$$

LEI DE POUILLET PARA O CIRCUITO GERADOR-RESISTOR-RECEPTOR

$$i = \frac{E - E'}{R + r + r'} \quad \text{ou} \quad i = \frac{E - E'}{\Sigma R}$$

Nó é um ponto de uma rede elétrica no qual a corrente elétrica se divide.

Ramo é um trecho de circuito entre dois nós consecutivos.

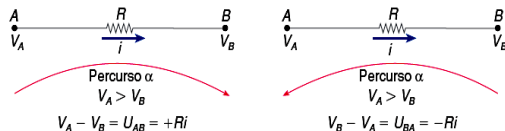
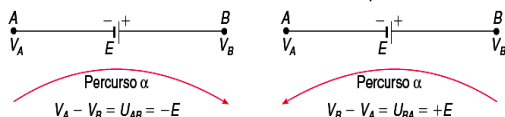
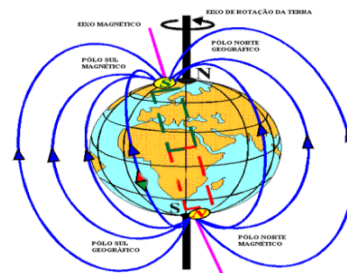
Malha é qualquer conjunto de ramos formando um percurso fechado.

Exemplo:

B e *E*: **nós**
BAFE, *BE* e *BCDE*: **ramos**
ABEFA, *BCDEB* e *ABCDEFA*: **malhas**

> A **primeira lei de Kirchhoff** ou **lei dos nós** estabelece que, em um nó, a soma das intensidades de corrente que chegam é igual à soma das intensidades de corrente que saem.

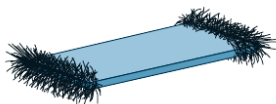
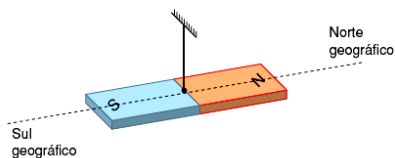
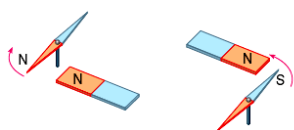
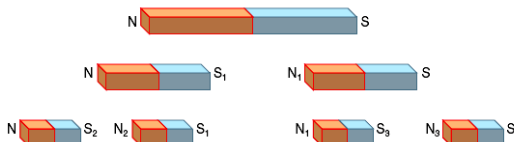
> A **segunda lei de Kirchhoff** ou **lei das malhas** estabelece que, percorrendo-se uma malha num certo sentido, partindo-se e chegando-se ao mesmo ponto, a soma algébrica das ddps é nula.

- **Sinais das ddps**:

Num resistor a ddp é do tipo $\pm Ri$, valendo o sinal $+$ se o sentido da corrente coincide com o sentido do percurso adotado e o sinal $-$ no caso contrário:

Para as fem e fcem vale o sinal de entrada no sentido do percurso adotado:

MAGNETISMO

Navegação Magnética

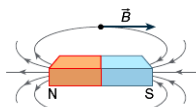
Em 1975, o biólogo norte-americano Richard Blakemore estudava um tipo de bactéria encontradas em pântanos. As bactérias são organismos unicelulares com comprimento da ordem de 10^{-6} metros, e assim só podem ser vistas com o auxílio de microscópios. Blakemore retirou uma gota do liquido do pântano e observou-a ao microscópio. Notou que a maioria das bactérias nadavam em direção ao norte. Observações mais cuidadosas mostraram que, dentro da bactéria, há pequenas partículas de magnetita, que funcionam como uma bússola, orientando a bactéria. Há muitas bactérias anaeróbicas para as quais o oxigênio é letal. Essas bactérias procuram então o fundo dos pântanos. Isso significa que, no hemisfério norte elas devem estar magnetizadas de forma a procurar o pólo sul magnético e, no hemisfério sul, devem estar magnetizadas de modo a procurarem o norte magnético. Blakemore realizou uma expedição ao hemisfério sul e confirmou esse fato. Essa descoberta sobre as bactérias encorajou os biólogos a pesquisarem a possibilidade de haver mecanismos semelhantes em outros seres vivos que revelam um extraordinário senso de orientação, como, por exemplo, as abelhas e certos tipos de pássaros que, em determinadas épocas do ano, fazem viagens de milhares de quilômetros foram feitos experimentos como, por exemplo, amarrar pequenos ímãs na cabeça de certos pássaros, o que levou as aves a perderem seu senso de orientação. Porém não temos certeza do que realmente ocorre nesses casos, já que ainda não se conseguiu localizar os ímãs, como no caso da bactéria.

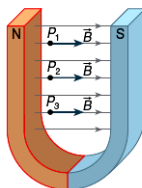
Ímãs são corpos que apresentam fenômenos notáveis, denominados **fenômenos magnéticos**, sendo os principais:

I- atraem fragmentos de ferro (limalha). No caso de um ímã em forma de barra, os fragmentos de ferro aderem às extremidades, que são denominadas **pólo do ímã.**

II- quando suspensos, de modo que possam girar livremente, orientam-se aproximadamente na direção norte-sul geográfica do lugar. **Pólo norte** (N) do ímã é a região que se volta para o norte geográfico e **pólo sul** (S), a que se volta para o sul gegráfico.

III- exercem entre si forças de atração ou de repulsão, conforme a posição em que são postos em presença um do outro. A experiência mostra que pólos de mesmo nome se repelem e pólos de nomes contrários se atraem.

IV- cortando-se um ímã transversalmente, cada parte constitui um ímã completo. É a **inseparabilidade dos pólos de um ímã.**

CAMPO MAGNÉTICO

Campo magnético é toda região do espaço em torno de um condutor percorrido por corrente ou em torno de um ímã, nesse caso devido a particulares movimentos que os elétrons executam no interior de seus átomos.

A fim de se caracterizar a ação do campo, associa-se a cada ponto do mesmo um vetor, denominado **vetor indução magnética** e indicado por $\vec{B}$. Uma agulha magnética colocada num ponto do campo orienta-se na direção do vetor $\vec{B}$ daquele ponto. A unidade da intensidade do vetor $\vec{B}$ denomina-se **tesla** (T) no Sistema Internacional.

Linha de indução é toda linha que, em cada ponto, é tangente ao vetor $\vec{B}$ e orientada no seu sentido. As linhas de indução saem do pólo norte e chegam ao pólo sul.

CAMPO MAGNÉTICO UNIFORME

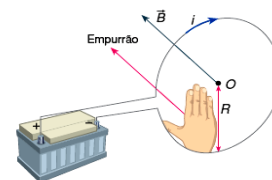
É aquele no qual, em todos os pontos, o vetor $\vec{B}$ tem a mesma direção, o mesmo sentido e a mesma intensidade. As linhas de indução de um campo magnético uniforme são retas paralelas igualmente espaçadas e igualmente orientadas.

CAMPO MAGNÉTICO NO CENTRO DE UMA ESPIRA CIRCULAR

O vetor indução magnética $\vec{B}$ no centro O da espira tem as seguintes características:

- **direção**: perpendicular ao plano da espira.
- **sentido**: determinado pela regra da mão direita nº 1.
- **intensidade**:

$$B = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i}{R}$$

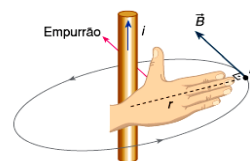
A constante de proporcionalidade μ_0 é a permeabilidade magnética do vácuo. No Sistema Internacional, ela vale:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \frac{T \cdot m}{A}$$

Justapondo-se N espiras iguais, temos a denominada **bobina chata**, onde a intensidade de $\vec{B}$ no centro vale $B = N \cdot \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{i}{R}$.

CAMPO MAGNÉTICO DE UM CONDUTOR RETILÍNEO

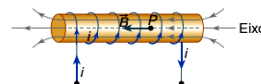
O vetor indução magnética $\vec{B}$ num ponto P, à distância r do fio, tem as seguintes características:

- **direção**: tangente à linha de indução que passa pelo ponto P.
- **sentido**: determinado pela regra da mão direita nº 1.
- **intensidade**:

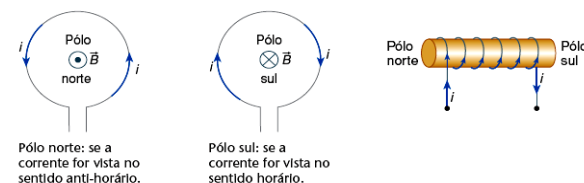
$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{r}$$

CAMPO MAGNÉTICO NO INTERIOR DE UM SOLENÓIDE

No interior do solenóide, o vetor indução magnética $\vec{B}$ tem as seguintes características:

- **direção**: do eixo geométrico do solenóide.
- **sentido**: determinado pela regra da mão direita nº 1.
- **intensidade**: $B = \mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot i$,

em que $\frac{N}{L}$ representa a densidade linear de espiras.

Polaridade de uma espira e de um solenóide

Pólo norte: se a corrente for vista no sentido anti-horário.

Pólo sul: se a corrente for vista no sentido horário.

FORÇA SOBRE UMA CARGA MOVEL EM CAMPO MAGNETICO UNIFORME

A **força magnética** $\vec{F}_m$ que age sobre uma carga elétrica q, lançada com velocidade $\vec{v}$ num campo magnético uniforme de indução $\vec{B}$, tem as seguintes características:

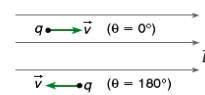
- **direção**: perpendicular ao plano formado por $\vec{v}$ e $\vec{B}$.
- **sentido**: determinado pela regra da mão direita nº 2 se a carga for positiva. Se a carga for negativa, o sentido será oposto àquele dado por essa regra.
- **intensidade**:

$$F_m = B \cdot |q| \cdot v \cdot \text{sen}\ \theta,$$

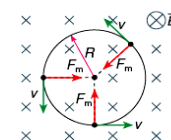
em que θ é o ângulo que $\vec{v}$ forma com $\vec{B}$.

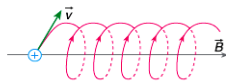
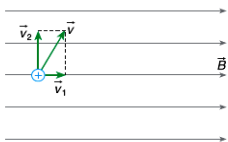
Os diversos **tipos de movimentos** que uma carga q descreve num campo magnético uniforme dependem da direção da velocidade $\vec{v}$ com que é lançada no campo:

1º caso: $\vec{v}$ é paralela a $\vec{B}$ (θ = 0° ou θ = 180°).

A carga descreve movimento retilíneo uniforme.

2º caso: $\vec{v}$ é perpendicular a $\vec{B}$ (θ = 90°).

A carga descreve movimento circular uniforme, cujo raio e período são dados, respectivamente, por:

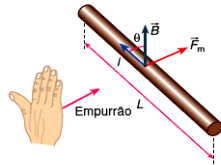
$$R = \frac{mv}{B \cdot |q|} \qquad T = \frac{2\pi m}{B \cdot |q|}$$

3º caso: $\vec{v}$ é oblíqua a $\vec{B}$.

A carga descreve movimento helicoidal uniforme.

$\vec{v}_1 \rightarrow$ MRU; $\vec{v}_2 \rightarrow$ MCU; $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 \rightarrow$ movimento helicoidal

FORÇA SOBRE UM CONDUTOR RETO EM UM CAMPO MAGNÉTICO UNIFORME

A **força magnética** $\vec{F}_m$ que age sobre um condutor reto, percorrido por corrente elétrica de intensidade i, em um campo magnético uniforme de indução $\vec{B}$, tem intensidade dada por:

$$F_m = BiL \cdot \text{sen}\,\theta$$

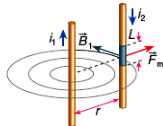
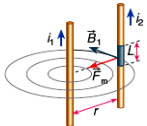
Como o sentido convencional da corrente elétrica é o mesmo do movimento das cargas positivas, pode-se utilizar, para o sentido de $\vec{F}_m$, a regra da mão direita nº 2, trocando-se $\vec{v}$ por i.

A força magnética tem direção perpendicular ao plano formado por $\vec{B}$ e i.

O ângulo θ é o ângulo entre $\vec{B}$ e a direção do condutor (i).

FORÇA MAGNÉTICA ENTRE CONDUTORES PARALELOS

Entre dois condutores retos e extensos, paralelos, percorridos por correntes, a **força magnética** será de **atração**, se as **correntes** tiverem o **mesmo sentido**, e de **repulsão**, se tiverem **sentidos opostos**.

Em ambos os casos, a intensidade da força que um condutor extenso exerce sobre um comprimento L do outro será:

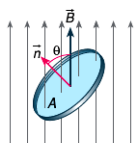
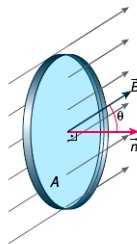
$$F_m = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1 i_2}{r} \cdot L$$

FLUXO MAGNÉTICO

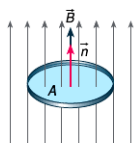
Fluxo magnético através de uma espira de área A imersa num campo magnético de indução $\vec{B}$ é, por definição

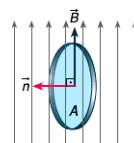
$$\Phi = BA \cdot \cos\theta,$$

em que: θ é o ângulo entre o vetor $\vec{B}$ e a normal $\vec{n}$ à espira.

A unidade de fluxo no SI é o **weber** (Wb).

Se a espira estiver inclinada em relação ao vetor $\vec{B}$ (caso a), ela será atravessada por um número de linhas de indução menor do que aquele que a atravessa quando ela é perpendicular a $\vec{B}$ (caso b), sendo o fluxo conseqüentemente menor. Quando a espira for paralela ao campo, não será atravessada por linhas de indução e o fluxo será nulo (caso c).

a) $\cos\theta < 1$

$\Phi = BA \cdot \cos\theta$

b) $\cos\theta = 1$

$\Phi = BA$

c) $\cos\theta = 0$

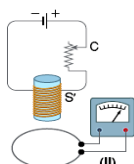
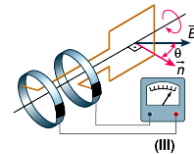
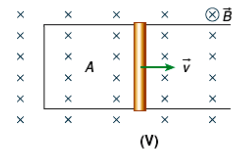
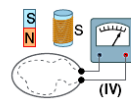
$\Phi = 0$

Por isso, podemos interpretar o fluxo magnético Φ como sendo a grandeza que mede **o número de linhas de indução que atravessam a superfície da espira.**

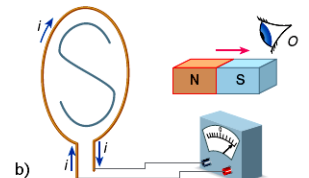
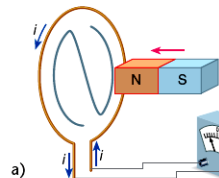
INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Toda vez que o fluxo magnético através de um circuito varia com o tempo, surge, no circuito, uma fem induzida.

Maneiras de se variar o fluxo magnético $\Phi = BA \cdot \cos\theta$

- **Variando B:** basta aproximar ou afastar um ímã ou um solenóide de uma espira (I) ou mantendo-se o solenóide fixo, varia-se a resistência do reostato e conseqüentemente varia o campo magnético que ele gera (II)

- **Variando o ângulo θ:** basta girar a espira (III)

- **Variando a área** A (IV) e (V)

SENTIDO DA CORRENTE INDUZIDA. LEI DE LENZ

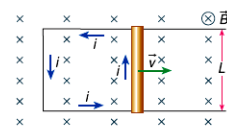
A **lei de Lenz** permite determinar o sentido da corrente elétrica induzida: o sentido da corrente elétrica induzida é tal que, por seus efeitos, opõe-se à causa que lhe deu origem.

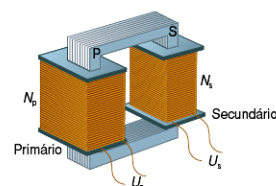
Na figura a, consideramos como circuito induzido uma espira ligada a um amperímetro de zero central. Enquanto o pólo norte do ímã se aproxima da espira, a corrente induzida tem um sentido tal que origina, na face da espira voltada para o ímã, um pólo norte. Esse pólo opõe-se à aproximação do ímã e, portanto, à variação do fluxo magnético, que é a causa da fem induzida. Ao se afastar o ímã, a corrente induzida origina, na face da espira voltada para o ímã, um pólo sul, que se opõe ao afastamento do ímã (figura b). Na figura a, em relação ao observador O, a corrente induzida tem sentido anti-horário e, na figura b, horário.

LEI DE FARADAY-NEUMANN

A **lei de Faraday-Neumann** permite determinar a fem induzida: a fem induzida média em uma espira é igual ao quociente da variação do fluxo magnético pelo intervalo de tempo em que ocorre, com sinal trocado:

$$e_m = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Para um **condutor retilíneo** deslizando com velocidade v sobre um condutor dobrado em forma de U e imerso num campo magnético uniforme de indução $\vec{B}$, a fem induzida é dada por:

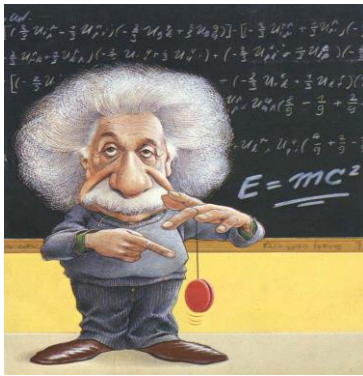
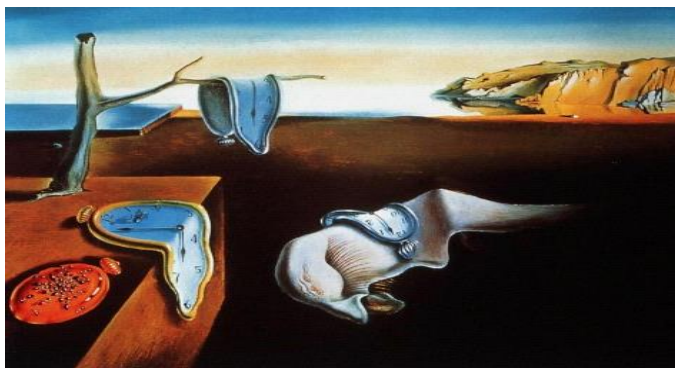
$$e = BLv$$

TRANSFORMADOR

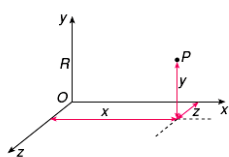
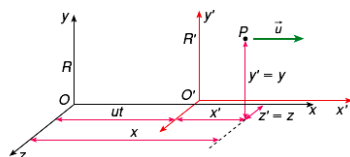
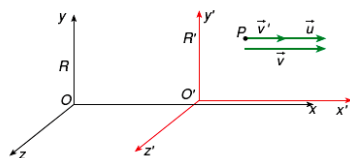
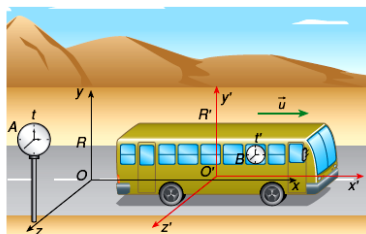
O **transformador** é um aparelho que permite modificar uma ddp alternada aumentando-a ou diminuindo-a conforme a conveniência.

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

N_p: número de espiras do primário

N_s: número de espiras do secundário

U_p e U_s: valores eficazes das ddps no primário e no secundário

TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA E RELATIVIDADE

As ciências jamais foram as mesmas depois que esse senhor de espírito jovial e interrogativo lançou seus inovadores pensamentos sobre a Física; conceitos como tempo, espaço, massa e energia deixaram de ter seus habituais sentidos e até mesmo a religião foi influenciada por essa visão – talvez aproximando ainda mais ciência e religião – Essa nova visão é conhecida como Física Moderna.

RELATIVIDADE GALILEANA

- R: sistema de referência inercial; (x, y, z): coordenadas de um ponto P

- R': sistema de referência inercial que se movimenta com velocidade u constante na direção x, em relação a R; (x', y', z'): coordenadas do ponto P em relação a R'.

- v': velocidade de P em relação a R'; v: velocidade de P em relação a R.

- A e B: relógios idênticos fixos em R e em R', respectivamente, que indicam os instantes t e t', correspondente a um mesmo evento.

As coordenadas do ponto P no sistema de referência R, as coordenadas do mesmo P no sistema de referência R', assim como, a velocidade v' de P em relação a R', a velocidade de u de R' em relação a R, a velocidade v de P em relação a R e os instantes t e t, se relacionam por meio das **transformações galileanas**, bases da **relatividade da Física Clássica**.

RELATIVIDADE GALILEANA

$$x' = x - ut \qquad v' = v - u$$
$$y' = y \qquad t' = t$$
$$z' = z$$

Outro conceito contido na relatividade galileana:

> As leis da Mecânica são idênticas em relação a qualquer referencial inercial.

RELATIVIDADE DE EINSTEIN

Postulados da Relatividade Especial

- **Primeiro postulado**

> As leis da Física são idênticas em relação a qualquer referencial inercial

- **Segundo postulado**

> A velocidade da luz no vácuo (c) é uma **constante universal**.
> É a mesma em todos os sistemas inerciais de referência.
> Não depende do movimento da fonte de luz, e tem igual valor em todas as direções.

A velocidade da luz no vácuo é a **velocidade limite no universo**.

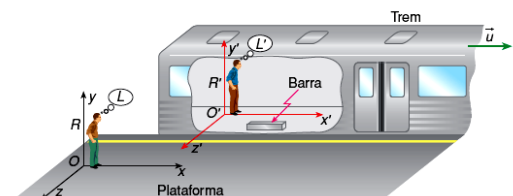
MODIFICAÇÕES NA RELATIVIDADE GALILEANA

RELATIVIDADE EINSTEINIANA

$$x' = \gamma \cdot (x - ut)$$
$$v' = \delta \cdot (v - u)$$

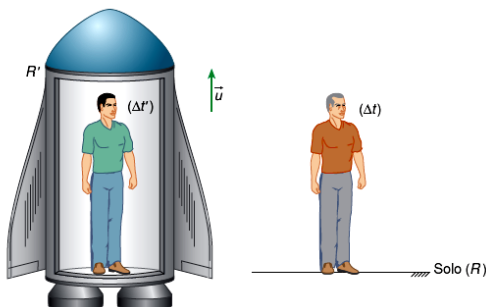
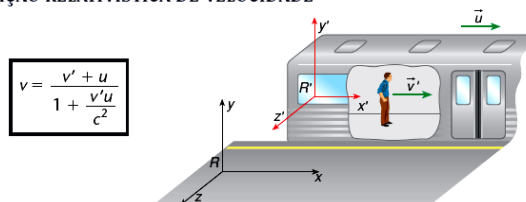
$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \qquad \delta = \frac{1}{1 - \frac{uv}{c^2}}$$

CONTRAÇÃO DO COMPRIMENTO

$$L = \frac{L'}{\gamma} \quad \text{ou} \quad L = \left(\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}\right) \cdot L'$$

- Sendo $\gamma > 1$ (γ só é igual a 1 quando $u = 0$), resulta $L < L'$
- A contração do comprimento só ocorre na direção do movimento;
- O comprimento medido no referencial em relação ao qual um objeto está em movimento é menor do que o comprimento medido no referencial em relação ao qual o objeto está em repouso.

DILATAÇÃO DO TEMPO

$$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t' \quad \text{ou} \quad \Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

- Pelas expressões anteriores, $\Delta t'$ é menor que Δt pois $\gamma > 1$ (γ só é igual a 1 quando $u = 0$).

COMPOSIÇÃO RELATIVÍSTICA DE VELOCIDADE

$$v = \frac{v' + u}{1 + \frac{v'u}{c^2}}$$

MASSA E ENERGIA

Massa

$$m = \gamma \cdot m_0 \quad \text{ou} \quad m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

em que:

m_0 é a massa de um corpo que está em repouso em relação a um sistema de referência inercial *R* (massa de repouso) e *m* é a massa do mesmo corpo quando se move com velocidade *u*, em relação a *R*.

Como $\gamma > 1$ ($\gamma = 1$ quando $u = 0$), decorre $m > m_0$, isto é, **a massa do corpo é maior quando em movimento do que quando em repouso.**

Energia relativística

A relação entre a energia própria *E* de um corpo e sua massa *m* é dada pela fórmula de Einstein:

$$E = mc^2$$

Energia cinética

$$E_c = E - E_0 \qquad E_c = mc^2 - m_0c^2 \qquad E_c = m_0c^2 \cdot (\gamma - 1)$$

em que:

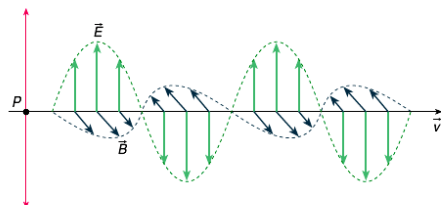
E é a energia total; E_c a energia cinética e E_0 a energia de repouso

ENERGIA E QUANTIDADE DE MOVIMENTO

$$E^2 = Q^2c^2 + (m_0c^2)^2$$

Para $m_0 = 0$, resulta: $E = Qc$

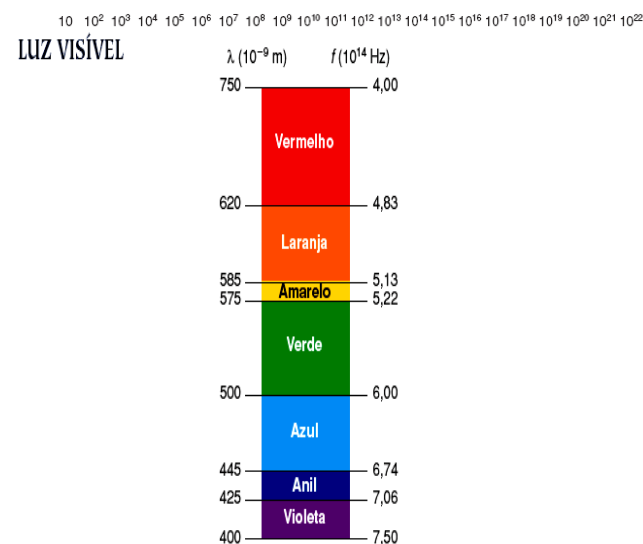
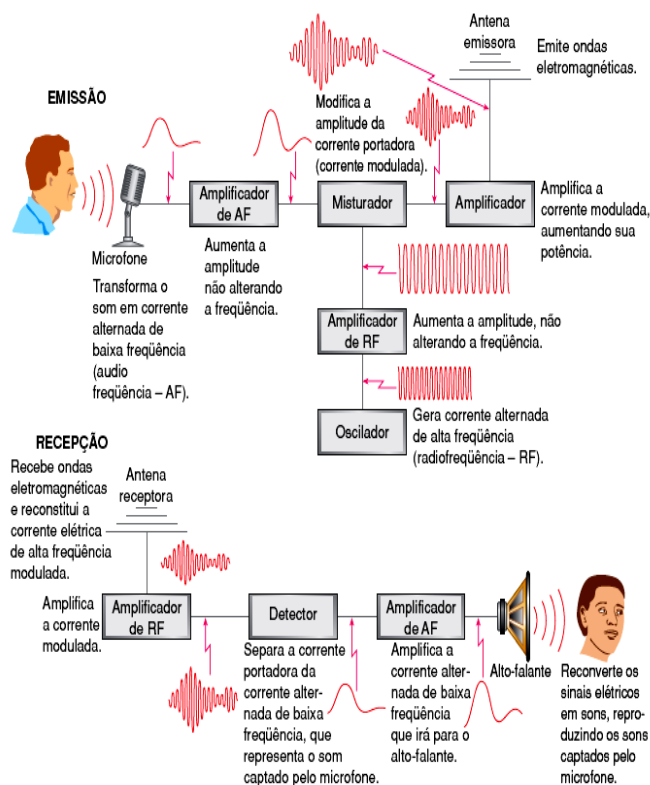
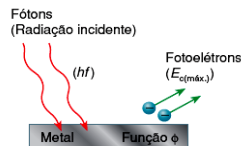
ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Uma perturbação elétrica no ponto *P*, devida à **oscilação de cargas elétricas**, por exemplo, se propaga a pontos distantes através da mútua formação de campos elétricos e magnéticos variáveis.

Os campos elétricos e magnéticos variáveis, que se propagam no espaço, constituem as ondas eletromagnéticas.

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

10 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^7 10^8 10^9 10^{10} 10^{11} 10^{12} 10^{13} 10^{14} 10^{15} 10^{16} 10^{17} 10^{18} 10^{19} 10^{20} 10^{21} 10^{22}

LUZ VISÍVEL

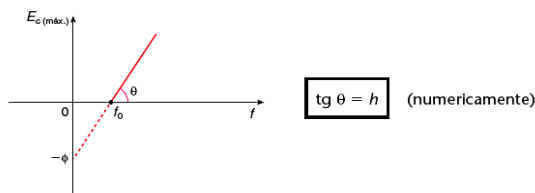
λ (10^{-9} m)	Cor	f (10^{14} Hz)
750 – 620	Vermelho	4,00 – 4,83
620 – 585	Laranja	4,83 – 5,13
585 – 575	Amarelo	5,13 – 5,22
575 – 500	Verde	5,22 – 6,00
500 – 445	Azul	6,00 – 6,74
445 – 425	Anil	6,74 – 7,06
425 – 400	Violeta	7,06 – 7,50

TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE ONDAS DE RÁDIO

Equação fotoelétrica de Einstein

A energia dos fótons (hf) é absorvida pelos elétrons do metal que vencem a barreira da energia Φ do mesmo, adquirindo energia cinética na emissão.

- A freqüência mínima f_0 a partir da qual os elétrons escapam do metal é tal que:

$$\phi = hf_0$$

- A equação fotoelétrica de Einstein fica:

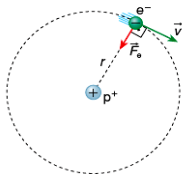
$$E_{c(máx.)} = h \cdot (f - f_0)$$

Gráfico $E_{c(máx.)}$ em função da freqüência f

$$\text{tg } \theta = h$$ (numericamente)

O ÁTOMO DE BÖHR

O modelo de Böhr aplicado ao átomo de hidrogênio

Para o átomo de hidrogênio, Böhr estabeleceu uma série de postulados que são os seguintes:

1. O elétron descreve órbitas circulares em torno do núcleo (formado por um único próton), sendo a força de atração eletrostática $\vec{F}_e$ a força centrípeta responsável por esse movimento.

2. Apenas algumas órbitas estáveis, bem definidas, denominadas **estados estacionários**, são permitidas ao elétron. Nelas o átomo não irradia energia, de modo a se conservar a energia total do átomo, sendo então possível aplicar a mecânica clássica para descrever o movimento do elétron.
3. A passagem do elétron de um estado estacionário para outro é possível mediante a absorção ou liberação de energia pelo átomo. A energia do fóton absorvido ou liberado no processo correspondente à diferença entre as energias dos níveis envolvidos. Assim, ao passar de um estado estacionário de energia E para outro de energia E' (com $E' > E$), teremos:

$$E' - E = hf$$

Nessa fórmula, h é a constante de Planck e f, a freqüência do fóton absorvido.

4. As órbitas permitidas ao elétron são aquelas em que o momento angular orbital do elétron é um múltiplo inteiro de $\hbar$ $\left(\hbar = \dfrac{h}{2\pi}\right)$.

Assim, sendo m a massa do elétron; v a velocidade orbital; r o raio da órbita descrita, teremos:

$$mvr = n\hbar$$ (com n = 1, 2, 3, 4, ...)

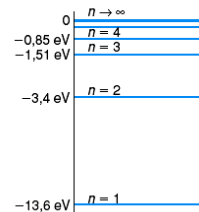
- **Raios das órbitas permitidas**

$$r_n = n^2 \cdot r_B$$

Sendo que r_B = 0,53 Å é o **raio de Böhr**. Corresponde ao **estado estacionário fundamental** (menor raio).

- **Energia mecânica do elétron no** n**-ésimo estado estacionário, expressa em eV.**

$$E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}$$

- **Níveis de energia de um elétron num átomo de hidrogênio.**

NATUREZA "DUAL" DA LUZ

Em determinados fenômenos, a luz se comporta como se tivesse **natureza ondulatória** e, em outros, **natureza de partícula.**

DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA: HIPÓTESE DE DE BROGLIE

- **Hipótese de de Broglie**

Se a luz apresenta natureza dual, uma partícula pode comportar-se de modo semelhante, apresentando também propriedades ondulatórias.

O comprimento de onda λ de uma partícula em função de sua quantidade de movimento é dado por:

$$\lambda = \frac{h}{Q}$$

PRINCÍPIO DA INCERTEZA DE HEISENBERG

Heisenberg descobriu a indeterminação associada à posição e à velocidade do elétron no interior do átomo.

Quanto maior a precisão na determinação da posição do elétron, menor é a precisão na determinação de sua velocidade ou de sua quantidade de movimento e vice-versa.

Relacionou a incerteza Δx na medida da posição x da partícula, com a incerteza ΔQ na medida de sua quantidade de movimento Q, obtendo a fórmula:

$$\Delta x \cdot \Delta Q \geqslant \frac{h}{4\pi}$$

TÓPICOS DE FÍSICA NUCLEAR

AS FORÇAS FUNDAMENTAIS DA NATUREZA

Força nuclear forte

- Mantém a coesão do núcleo atômico;
- Intensidade 10^{38} vezes maior do que a força gravitacional;
- Sua ação só se manifesta para distâncias inferiores a do núcleo atômico.

Força eletromagnética

- Manifesta-se entre partículas eletrizadas, englobando forças elétricas e magnéticas;
- Intensidade 10^2 vezes menor que a força nuclear forte.

Força nuclear fraca

- Manifesta-se entre os léptons (grupo de partículas das quais faz parte o elétron) e os hádrons (grupo de partículas das quais fazem parte prótons e nêutrons), atuando em escala atômica;
- Intensidade 10^{13} vezes menor que a força nuclear forte;
- Responsável pelo decaimento β.

Força gravitacional

- Força de atração entre massas;
- Menos intensa das quatro forças.

AS PARTÍCULAS FUNDAMENTAIS DA MATÉRIA

Fótons		
Hádrons	Mésons	pi (π^+, π^-, π^0) eta (η^0)
	Bárions	próton (p^+) nêutron (n^0) lambda (Λ^0) sigma (Σ^+, Σ^0, Σ^-) xi (Ξ^+, Ξ^0, Ξ^-) ômega (Ω^+, Ω^-)
Léptons	elétron (e^-) neutrino (ν) múon (μ) tau (τ^+, τ^-)	

Os *Quarks*

- **Modelo para a estrutura interna dos hádrons**

Todos os hádrons seriam formados por partículas elementares chamadas *quarks*.

- **Os seis tipos de *quarks***

Quark	Símbolo	Carga	*Quark*	Símbolo	Carga
Up	*u*	$+\frac{2}{3}e$	*Charmed*	*c*	$+\frac{2}{3}e$
Down	*d*	$-\frac{1}{3}e$	*Botton*	*b*	$-\frac{1}{3}e$
Strange	*s*	$-\frac{1}{3}e$	*Top*	*t*	$+\frac{2}{3}e$

- **Constituição do próton e do nêutron**

Um próton seria constituído por dois *quarks* ***u*** e um *quark* ***d*** e o nêutron por dois *quarks* ***d*** e um *quark* ***u***.

Próton

$$+\frac{2}{3}e + \frac{2}{3}e + \left(-\frac{1}{3}e\right) = e$$

Nêutron

$$+\frac{2}{3}e + \left(-\frac{1}{3}e\right) + \left(-\frac{1}{3}e\right) = 0$$

NOÇÕES DE RADIOATIVIDADE

As reações que alteram os núcleos atômicos são chamadas **reações nucleares**.

A **radioatividade** consiste na emissão de partículas e radiações eletromagnéticas por núcleos instáveis, que se transformam em núcleos mais estáveis. Estas reações nucleares são chamadas **reações de desintegração radioativa** ou **reações de transmutação** ou, ainda, **reações de decaimento**.

No decaimento natural de um núcleo atômico, podem ser emitidas partículas α, β e raios γ.

Velocidade média de desintegração (ou atividade)

$$v = \frac{\Delta n}{\Delta t}$$

Na fórmula acima $\Delta n = n_0 - n$ (n_0: número de átomos radioativos de uma amostra e n número de átomos radioativos, que ainda não se desintegraram, após o intervalo de tempo Δt).

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de v é a desintegração por segundo (dps), também chamada **becquerel** (Bq). Pode-se também usar o **curie** (Ci):

$$1\ \text{Ci} = 3{,}7 \cdot 10^{10}\ \text{Bq}$$

A velocidade média de desintegração é proporcional ao número n de átomos que ainda não desintegraram:

$$v = C \cdot n$$

A constante de proporcionalidade C depende do isótopo radioativo e é denominada **constante de desintegração radioativa**.

Vida média (τ)

Corresponde ao inverso de C:

$$\tau = \frac{1}{C}$$

Meia-vida *p* ou período de semidesintegração

A **meia-vida** *p* de um elemento radioativo é o intervalo de tempo após o qual o número de átomos radioativos existentes em certa amostra fica reduzido à metade.

Após um intervalo de tempo $\Delta t = x \cdot p$, restam $n = \frac{n_0}{2^x}$ átomos radioativos que ainda não desintegraram. Esta última igualdade vale para as massas: $m = \frac{m_0}{2^x}$

- **Relação entre τ e p**

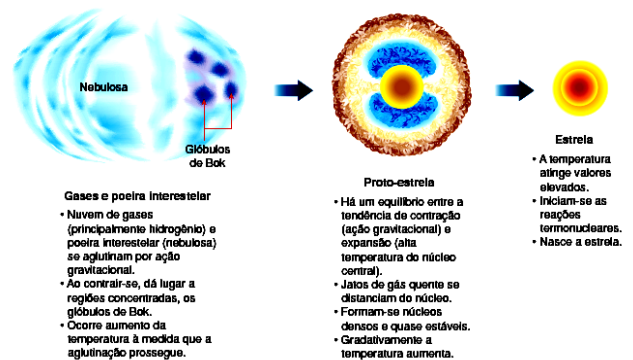
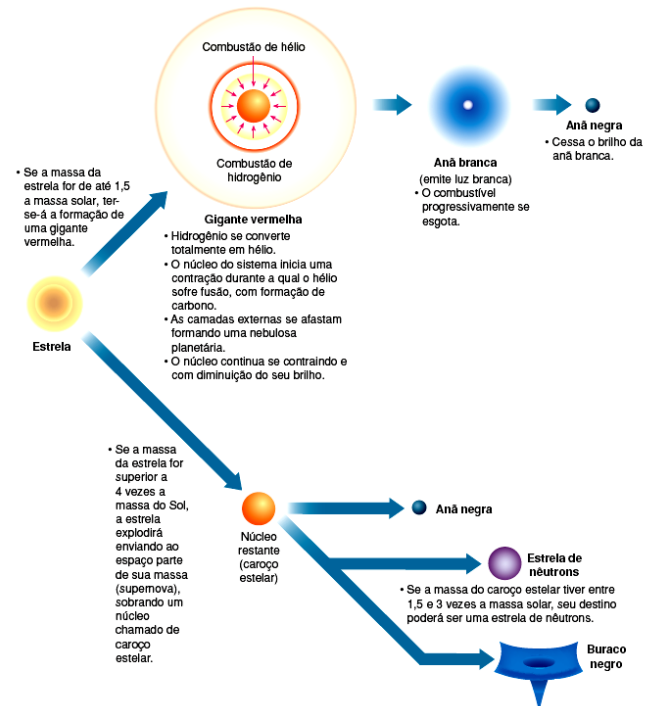
$$p = 0{,}693 \cdot \tau$$

FISSÃO NUCLEAR E FUSÃO NUCLEAR

A **fissão nuclear** consiste na divisão de um núcleo atômico, geralmente em duas partes, acompanhada pela emissão de nêutrons e pela liberação de energia (radiação gama).

A **fusão nuclear** consiste na junção de núcleos atômicos produzindo um núcleo maior, com a liberação de uma quantidade enorme de energia.

NASCIMENTO, VIDA E MORTE DE UMA ESTRELA

O nascimento de uma estrela

A vida e a morte de uma estrela

"Podemos, de forma coloquial, dizer que o 'nosso' tempo é relativo...
Para alguns, não há tempo disponível para nada, para outros o tempo demora a passar...
Ainda para outros o tempo simplesmente passa...
Então façamos da relatividade do 'nosso' tempo objeto de nosso proveito e só assim conseguiremos atingir nossas metas com sacrifícios, mas com muita satisfação!!!"

Frederico Mercadante

Orientação aos estudantes

Neste momento, antes que você inicie seus exercícios através deste material, sugerimos uma metodologia com estratégias para aproveitá-lo da melhor maneira possível.

Reforçamos que você estudante deve se preparar basicamente de duas maneiras para uma prova com as características do Enem:

- ✓ A primeira delas é adquirindo e/ou revisando os conteúdos abordados no ensino médio.
- ✓ A segunda se dá através da preparação específica para o modelo da prova.

Focaremos uma abordagem temática das questões juntamente com a explanação dos conteúdos necessários para obtermos sucesso no ENEM. Que consiste basicamente em resolver 180 questões e uma redação, em 10 horas, divididas em dois dias de prova, o que exige muito mais do que competências e habilidades. É necessário que se tenha tranquilidade, calma e uma certa dose de "sorte". Estudar com foco no ENEM fará com que você saia da sua "zona de conforto" e permitirá entender de fato o que é realizar uma prova que, ao mesmo tempo em que se mostra coerente e interdisciplinar, consiste numa verdadeira enxurrada de questões, que exige boa leitura, atenção, interpretação, concentração, calma, paciência, resistência, empenho e treino, muito treino. Vamos começar nosso treino...

HORA DE PRATICAR

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

01 - (ENEM/2013)
A produção de aço envolve o aquecimento do minério de ferro, junto com carvão (carbono) e ar atmosférico em uma série de reações de oxidorredução. O produto é chamado de ferro-gusa e contém cerca de 3,3% de carbono. Uma forma de eliminar o excesso de carbono é a oxidação a partir do aquecimento do ferro-gusa com gás oxigênio puro. Os dois principais produtos formados são aço doce (liga de ferro com teor de 0,3% de carbono restante) e gás carbônico. As massas molares aproximadas dos elementos carbono e oxigênio são, respectivamente, 12 g/mol e 16 g/mol.

LEE, J. D. **Química inorgânica não tão concisa**.
São Paulo: Edgard Blucher, 1999 (adaptado).

Considerando que um forno foi alimentado com 2,5 toneladas de ferro-gusa, a massa de gás carbônico formada, em quilogramas, na produção de aço doce, é mais próxima de

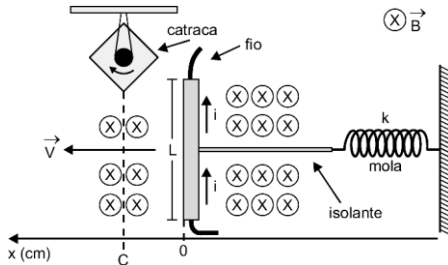
a) 28.
b) 75.
c) 175.
d) 275.
e) 303.

Gab: D

02 - (ENEM/2013)
O chuveiro elétrico é um dispositivo capaz de transformar energia elétrica em energia térmica, o que possibilita a elevação da temperatura da água. Um chuveiro projetado para funcionar em 110V pode ser adaptado para funcionar em 220V, de modo a manter inalterada sua potência.
Uma das maneiras de fazer essa adaptação é trocar a resistência do chuveiro por outra, de mesmo material e com o(a)

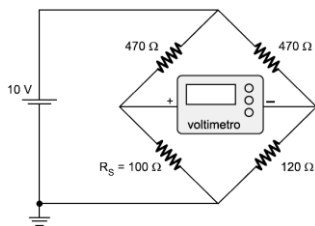
a) dobro do comprimento do fio.
b) metade do comprimento do fio.
c) metade da área da seção reta do fio.
d) quádruplo da área da seção reta do fio.
e) quarta parte da área da seção reta do fio.

Gab: E

03 - (ENEM/2013)
Desenvolve-se um dispositivo para abrir automaticamente uma porta no qual um botão, quando acionado, faz com que uma corrente elétrica i = 6A percorra uma barra condutora de comprimento L = 5cm, cujo ponto médio está preso a uma mola de constante elástica $k = 5 \times 10^{-2}$N/cm. O sistema mola-condutor está imerso em um campo magnético uniforme perpendicular ao plano. Quando acionado o botão, a barra sairá da posição do equilíbrio a uma velocidade média de 5m/s e atingirá a catraca em 6 milisegundos, abrindo a porta.

A intensidade do campo magnético, para que o dispositivo funcione corretamente, é de

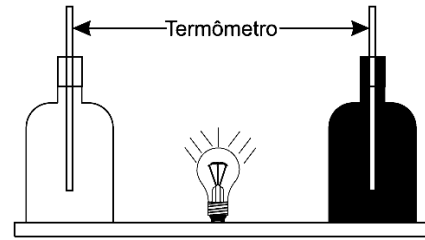
a) 5×10^{-1}T.
b) 5×10^{-2}T.
c) 5×10^{1}T.
d) 2×10^{-2}T.
e) 2×10^{0}T.

Gab: A

04 - (ENEM/2013)
Medir temperatura é fundamental em muitas aplicações, e apresentar a leitura em mostradores digitais é bastante prático. O seu funcionamento é baseado na correspondência entre valores de temperatura e de diferença de potencial elétrico. Por exemplo, podemos usar o circuito elétrico apresentado, no qual o elemento sensor de temperatura ocupa um dos braços do circuito (R_S) e a dependência da resistência com a temperatura é conhecida.

Para um valor de temperatura em que $R_S = 100\Omega$, a leitura apresentada pelo voltímetro será de

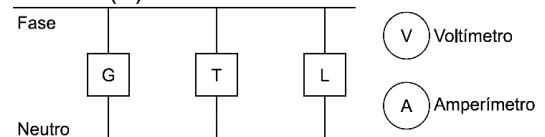
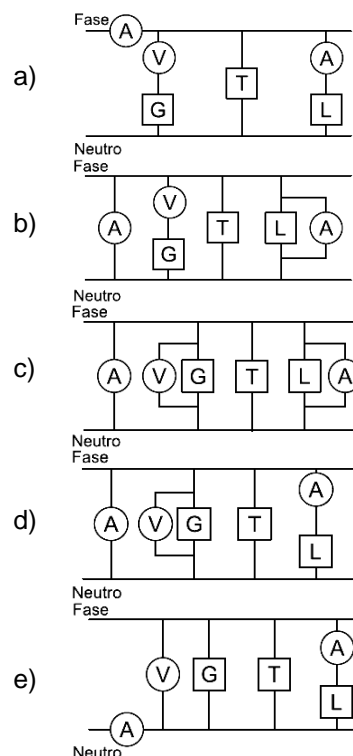
a) + 6,2 V.
b) + 1,7 V.
c) + 0,3 V.
d) –0,3 V.
e) –6,2 V.

Gab: D

05 - (ENEM/2013)
Em um experimento, foram utilizadas duas garrafas PET, uma pintada de branco e a outra de preto, acopladas cada uma a um termômetro. No ponto médio da distância entre as garrafas, foi mantida acesa, durante alguns minutos, uma lâmpada incandescente. Em seguida, a lâmpada foi desligada. Durante o experimento, foram monitoradas as temperaturas das garrafas:
a) enquanto a lâmpada permaneceu acesa e
b) após a lâmpada ser desligada e atingirem equilíbrio térmico com o ambiente.

A taxa de variação da temperatura da garrafa preta, em comparação à da branca, durante todo experimento, foi

a) igual no aquecimento e igual no resfriamento
b) maior no aquecimento e igual no resfriamento.
c) menor no aquecimento e igual no resfriamento.
d) maior no aquecimento e menor no resfriamento.
e) maior no aquecimento e maior no resfriamento.

Gab: E

06 - (ENEM/2013)
Um eletricista analisa o diagrama de uma instalação elétrica residencial para planejar medições de tensão e corrente em uma cozinha. Nesse ambiente existem uma geladeira (G), uma tomada (T) e uma lâmpada (L), conforme a figura. O eletricista deseja medir a tensão elétrica aplicada à geladeira, a corrente total e a corrente na lâmpada.
Para isso, ele dispõe de um voltímetro (V) e dois amperímetros (A).

Para realizar essas medidas, o esquema da ligação desses instrumentos está representado em:

Gab: E

07 - (ENEM/2013)
Um circuito em série é formado por uma pilha, uma lâmpada incandescente e uma chave interruptora. Ao se ligar a chave, a lâmpada acende quase instantaneamente, irradiando calor e luz. Popularmente, associa-se o fenômeno da irradiação de energia a um desgaste da corrente elétrica, ao atravessar o filamento da lâmpada, e à rapidez com que a lâmpada começa a brilhar. Essa explicação está em desacordo com o modelo clássico de corrente.
De acordo com o modelo mencionado, o fato de a lâmpada acender quase instantaneamente está relacionado à rapidez com que e

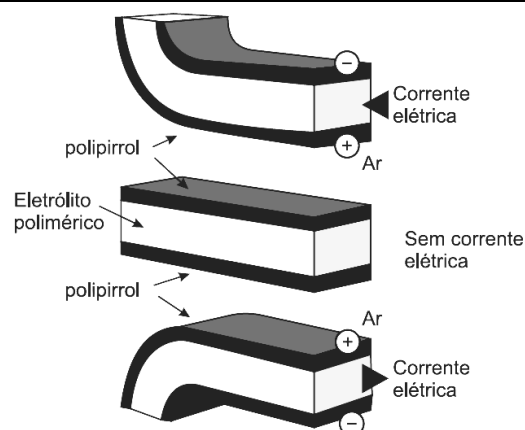
a) o fluido elétrico se desloca no circuito.
b) as cargas negativas móveis atravessam o circuito.
c) a bateria libera cargas móveis para o filamento da lâmpada.
d) o campo elétrico se estabelece em todos os pontos do circuito.
e) as cargas positivas e negativas se chocam no filamento da lâmpada.

Gab: D

08 - (ENEM/2013)
Aquecedores solares usados em residências têm o objetivo de elevar a temperatura da água até 70ºC. No entanto, a temperatura ideal da água para um banho é de 30ºC. Por isso, deve-se misturar a água aquecida com a água à temperatura ambiente de um outro reservatório, que se encontra a 25ºC.
Qual a razão entre a massa de água quente e a massa de água fria na mistura para um banho à temperatura ideal?

a) 0,111.
b) 0,125.
c) 0,357.
d) 0,428.
e) 0,833.

Gab: B

09 - (ENEM/2013)
Músculos artificiais são dispositivos feitos com plásticos inteligentes que respondem a uma corrente elétrica com um movimento mecânico. A oxidação e redução de um polímero condutor criam cargas positivas e/ou negativas no material, que são compensadas com a inserção ou expulsão de cátions ou ânions. Por exemplo, na figura os filmes escuros são de polipirrol e o filme branco é de um eletrólito polimérico contendo um sal inorgânico. Quando o polipirrol sofre oxidação, há a inserção de ânions para compensar a carga positiva no polímero e o filme se expande. Na outra face do dispositivo o filme de polipirrol sofre redução, expulsando ânions, e o filme se contrai. Pela montagem, em sanduíche, o sistema todo se movimenta de forma harmônica, conforme mostrado na figura.

DE PAOLI, M.A. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, São Paulo, maio 2001 (adaptado).

A camada central de eletrólito polimérico é importante porque
a) absorve a irradiação de partículas carregadas, emitidas pelo aquecimento elétrico dos filmes de polipirrol.
b) permite a difusão dos íons promovida pela aplicação de diferença de potencial, fechando o circuito elétrico.
c) mantém um gradiente térmico no material para promover a dilatação/contração térmica de cada filme de polipirrol.
d) permite a condução de elétrons livres, promovida pela aplicação de diferença de potencial, gerando corrente elétrica.
e) promove a polarização das moléculas poliméricas, o que resulta no movimento gerado pela aplicação de diferença de potencial.

Gab: B

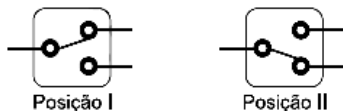
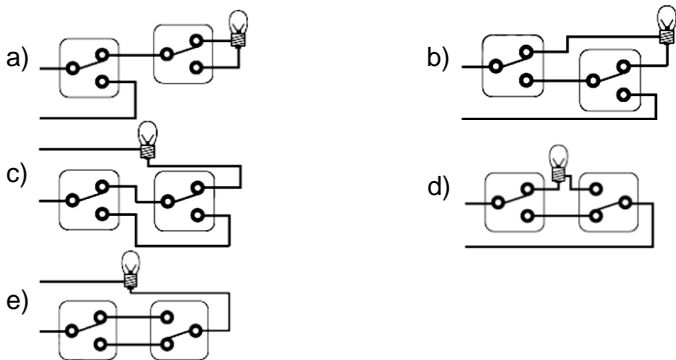
10 - (ENEM/2012)
A eficiência das lâmpadas pode ser comparada utilizando a razão, considerada linear, entre a quantidade de luz produzida e o consumo. A quantidade de luz é medida pelo fluxo luminoso, cuja unidade é o lúmen (lm). O consumo está relacionado à potência elétrica da lâmpada que é medida em watt (W). Por exemplo, uma lâmpada incandescente de 40W emite cerca de 600 lm, enquanto uma lâmpada fluorescente de 40 W emite cerca de 3000 lm.

Disponível em http://tecnologia.terra.com..br. Acesso em: 29 fev. de 2012 (adaptado).

A eficiência de uma lâmpada incandescente de 40 W é

a) maior que a de uma lâmpada fluorescente de 8 W, que produz menor quantidade de luz.
b) maior que a de uma lâmpada fluorescente de 40 W, que produz menor quantidade de luz.
c) menor que a de uma lâmpada fluorescente de 8 W, que produz a mesma quantidade de luz.
d) menor que a de uma lâmpada fluorescente de 40 W, pois consome maior quantidade de energia.
e) igual a de uma lâmpada fluorescente de 40 W, que consome a mesma quantidade de energia.

Gab: C

11 - (ENEM/2012)
Para ligar ou desligar uma mesma lâmpada a partir de dois interruptores, conectam-se os interruptores para que a mudança de posição de um deles faça ligar ou desligar a lâmpada, não importando qual a posição do outro. Esta ligação é conhecida como interruptores paralelos. Este interruptor é uma chave de duas posições constituída por um polo e dois terminais, conforme mostrado nas figuras de um mesmo interruptor. Na Posição I a chave conecta o polo ao terminal superior, e na Posição II a chave o conecta ao terminal inferior.

O circuito que cumpre a finalidade de funcionamento descrita no texto é:

Gab: E

12 - (ENEM/2012)
Aumentar a eficiência na queima de combustível dos motores a combustão e reduzir suas emissões de poluentes é a meta de qualquer fabricante de motores. É também o foco de uma pesquisa brasileira que envolve experimentos com plasma, o quarto estado da matéria e que está presente no processo de ignição. A interação da faísca emitida pela vela de ignição com as moléculas de combustível gera o plasma que provoca a explosão liberadora de energia que, por sua vez, faz o motor funcionar.

Disponível em: www.inovacaotecnologica.com.br.
Acesso em: 22 jul. 2010 (adaptado).

No entanto, a busca da eficiência referenciada no texto apresenta como fator limitante

a) o tipo de combustível, fóssil, que utilizam. Sendo um insumo não renovável, em algum momento estará esgotado.
b) um dos princípios da termodinâmica, segundo o qual o rendimento de uma máquina térmica nunca atinge o ideal.
c) o funcionamento cíclico de todos os motores. A repetição contínua dos movimentos exige que parte da energia seja transferida ao próximo ciclo.
d) as forças de atrito inevitável entre as peças. Tais forças provocam desgastes contínuos que com o tempo levam qualquer material à fadiga e ruptura.
e) a temperatura em que eles trabalham. Para atingir o plasma, é necessária uma temperatura maior que a de fusão do aço com que se fazem os motores.

Gab: B

13 **- (ENEM/2011)**
O manual de funcionamento de um captador de guitarra elétrica apresenta o seguinte texto:
Esse captador comum consiste de uma bobina, fios condutores enrolados em torno de um ímã permanente. O campo magnético do ímã induz o ordenamento dos polos magnéticos na corda da guitarra, que está próxima a ele. Assim, quando a corda é tocada, as oscilações produzem variações, com o mesmo padrão, no fluxo magnético que atravessa a bobina. Isso induz uma corrente elétrica na bobina, que é transmitida até o amplificador e, daí, para o alto-falante. Um guitarrista trocou as cordas originais de sua guitarra, que eram feitas de aço, por outras feitas de náilon. Com o uso dessas cordas, o amplificador ligado ao instrumento não emitia mais som, porque a corda de náilon

a) isola a passagem de corrente elétrica da bobina para o alto-falante.
b) varia seu comprimento mais intensamente do que ocorre com o aço.
c) apresenta uma magnetização desprezível sob a ação do ímã permanente.
d) induz correntes elétricas na bobina mais intensas que a capacidade do captador.
e) oscila com uma frequência menor do que a que pode ser percebida pelo captador.

Gab: C

14 - (ENEM/2011)
Certas ligas estanho-chumbo com composição específica formam um eutético simples, o que significa que uma liga com essas características se comporta como uma substância pura, com um ponto de fusão definido, no caso 183 ºC. Essa é uma temperatura inferior mesmo ao ponto de fusão dos metais que compõem esta liga (o estanho puro funde a 232 ºC e o chumbo puro a 320 ºC), o que justifica sua ampla utilização na soldagem de componentes eletrônicos, em que o excesso de aquecimento deve sempre ser evitado. De acordo com as normas internacionais, os valores mínimo e máximo das densidades para essas ligas são de 8,74 g/mL e 8,82 g/mL, respectivamente. As densidades do estanho e do chumbo são 7,3 g/mL e 11,3 g/mL, respectivamente. Um lote contendo 5 amostras de solda estanho-chumbo foi analisado por um técnico, por meio da determinação de sua composição percentual em massa, cujos resultados estão mostrados no quadro a seguir.

Amostra	Porcentagem de Sn (%)	Porcentagem de Pb (%)
I	60	40
II	62	38
III	65	35
IV	63	37
V	59	41

Disponível em : http: //www.elet rica.ufpr.br.

Com base no texto e na análise realizada pelo técnico, as amostras que atendem às normas internacionais são

a) I e II.
b) I e III.
c) II e IV.
d) III e V.
e) IV e V.

Gab: C

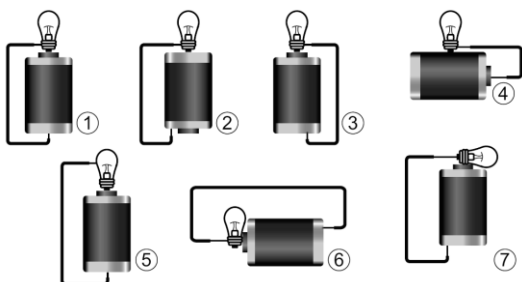
15 - (ENEM/2011)
Em um manual de um chuveiro elétrico são encontradas informações sobre algumas características técnicas, ilustradas no quadro, como a tensão de alimentação, a potência dissipada, o dimensionamento do disjuntor ou fusível, e a área da seção transversal dos condutores utilizados.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
Especificação				
Modelo			A	B
Tensão (V ~)			127	220
Potência (Watt)	Seletor de Temperatura Multitemperaturas	○	0	0
		●	2 440	2 540
		●●	4 400	4 400
		●●●	5 500	6 000
Disjuntor ou Fusível (Ampère)			50	30
Seção dos condutores (mm²)			10	4

Uma pessoa adquiriu um chuveiro do modelo A e, ao ler o manual, verificou que precisava ligá-lo a um disjuntor de 50 amperes. No entanto, intrigou-se com o fato de que o disjuntor a ser utilizado para uma correta instalação de um chuveiro do modelo B devia possuir amperagem 40% menor.
Considerando-se os chuveiros de modelos A e B, funcionando à mesma potência de 4 400 W, a razão entre as suas respectivas resistências elétricas, R_A e R_B que justifica a diferença de dimensionamento dos disjuntores, é mais próxima de:

a) 0,3.
b) 0,6.
c) 0,8.
d) 1,7.
e) 3,0.

Gab: A

16 - (ENEM/2011)
Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:

GONÇALVES FILHO, A.; BAROLLI, E. **Instalação Elétrica**: investigando e aprendendo. São Paulo: Scipione, 1997 (adaptado).

Tendo por base os esquemas mostrados, em quais casos a lâmpada acendeu?

a) (1), (3), (6)
b) (3), (4), (5)
c) (1), (3), (5)
d) (1), (3), (7)
e) (1), (2), (5)

Gab: D

17 - (ENEM/2011)
Um dos processos usados no tratamento do lixo é a incineração, que apresenta vantagens e desvantagens. Em São Paulo, por exemplo, o lixo é queimado a altas temperaturas e parte da energia liberada é transformada em energia elétrica. No entanto, a incineração provoca a emissão de poluentes na atmosfera.
Uma forma de minimizar a desvantagem da incineração, destacada no texto, é

a) aumentar o volume do lixo incinerado para aumentar a produção de energia elétrica.
b) fomentar o uso de filtros nas chaminés dos incineradores para diminuir a poluição do ar.
c) aumentar o volume do lixo para baratear os custos operacionais relacionados ao processo.
d) fomentar a coleta seletiva de lixo nas cidades para aumentar o volume de lixo incinerado.
e) diminuir a temperatura de incineração do lixo para produzir maior quantidade de energia elétrica.

Gab: B

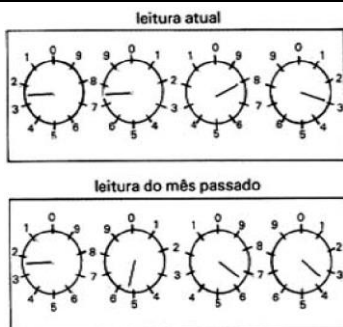
18 - (ENEM/2011)
Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma.

CARVALHO, A. X. Z. **Física Térmica**. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a

a) liberação de calor dentro do motor ser impossível.
b) realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
c) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
d) transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
e) utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.

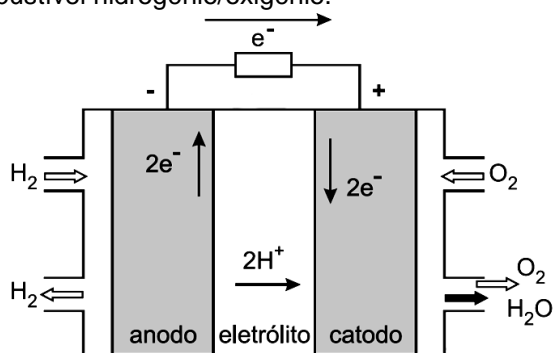
Gab: C

19 - (ENEM/2010)
A energia elétrica consumida nas residências é medida, em quilowatt-hora, por meio de um relógio medidor de consumo. Nesse relógio, da direita para esquerda, tem-se o ponteiro da unidade, da dezena, da centena e do milhar, Se um ponteiro estiver entre dois números, considera-se o último número ultrapassado pelo ponteiro. Suponha que as medidas indicadas nos esquemas seguintes tenham sido feitas em uma cidade em que o preço do quilowatt-hora fosse de R$ 0,20.

FILHO, A.G.; BAROLLI, E. **Instalação Elétrica**.
São Paulo: Scipione, 1997.

O valor a ser pago pelo consumo de energia elétrica registrado seria de

a) R$ 41,80.
b) R$ 42.00.
c) R$ 43.00.
d) R$ 43,80.
e) R$ 44,00.

Gab: E

20 - (ENEM/2010)
O crescimento da produção de energia elétrica ao longo do tempo tem influenciado decisivamente o progresso da humanidade, mas também tem criado uma séria preocupação: o prejuízo ao meio ambiente. Nos próximos anos, uma nova tecnologia de geração de energia elétrica deverá ganhar espaço: as células a combustível hidrogênio/oxigênio.

VILLULLAS, H.M; TICIANELLI, E. A; GONZÁLEZ, E.R. **Química Nova na Escola**. N.º 15, maio 2002.

Com base no texto e na figura, a produção de energia elétrica por meio da célula a combustível hidrogênio/oxigênio diferencia-se dos processos convencionais porque

a) transforma energia química em energia elétrica, sem causar danos ao meio ambiente, porque o principal subproduto formado é a água.
b) converte a energia química contida nas moléculas dos componentes em energia térmica, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.
c) transforma energia química em energia elétrica, porém emite gases poluentes da mesma forma que a produção de energia a partir dos combustíveis fósseis.
d) converte energia elétrica proveniente dos combustíveis fósseis em energia química, retendo os gases poluentes produzidos no processo sem alterar a qualidade do meio ambiente.
e) converte a energia potencial acumulada nas moléculas de água contidas no sistema em energia química, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.

Gab: A

21 - (ENEM/2010)
Observe a tabela seguinte. Ela traz especificações técnicas constantes no manual de instruções fornecido pelo fabricante de uma torneira elétrica.

Especificações Técnicas

Modelo		Torneira			
Tensão Nominal (volts~)		127		220	
Potência Nominal (Watts)	(Frio)	Desligado			
	(Morno)	2 800	3 200	2 800	3200
	(Quente)	4 500	5 500	4 500	5500
Corrente Nominal (Ampères)		35,4	43,3	20,4	25,0
Fiação Mínima (Até 30m)		6 mm²	10 mm²	4 mm²	4 mm²
Fiação Mínima (Acima 30 m)		10 mm²	16 mm²	6 mm²	6 mm²
Disjuntor (Ampère)		40	50	25	30

Disponível em: http://www.cardeal.com.br.manualprod/Manuais/Torneira%20 Suprema/"Manual…Torneira…Suprema…roo.pdf

Considerando que o modelo de maior potência da versão 220 V da torneira suprema foi inadvertidamente conectada a uma rede com tensão nominal de 127 V, e que o aparelho está configurado para trabalhar em sua máxima potência. Qual o valor aproximado da potência ao ligar a torneira?

a) 1.830 W
b) 2.800 W
c) 3.200 W
d) 4.030 W
e) 5.500 W

Gab: A

22 - (ENEM/2010)
Em nosso cotidiano, utilizamos as palavras "calor" e "temperatura" de forma diferente de como elas são usadas no meio científico. Na linguagem corrente, calor é identificado como "algo quente" e temperatura mede a "quantidade de calor de um corpo". Esses significados, no entanto, não conseguem explicar diversas situações que podem ser verificadas na prática.

Do ponto de vista científico, que situação prática mostra a limitação dos conceitos corriqueiros de calor e temperatura?

a) A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo.
b) Uma mãe coloca a mão na água da banheira do bebê para verificar a temperatura da água.
c) A chama de um fogão pode ser usada para aumentar a temperatura da água em uma panela.
d) A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.
e) Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele.

Gab: A

23 - (ENEM/2010)
No que tange à tecnologia de combustíveis alternativos, muitos especialistas em energia acreditam que os alcoóis vão crescer em importância em um futuro

próximo. Realmente, alcoóis como metanol e etanol têm encontrado alguns nichos para uso doméstico como combustíveis há muitas décadas e, recentemente, vêm obtendo uma aceitação cada vez maior como aditivos, ou mesmo como substitutos para gasolina em veículos. Algumas das propriedades físicas desses combustíveis são mostradas no quadro seguinte.

Álcool	Densidade a 25°C (g/mL)	Calor de Combustão (kJ/mol)
Metanol (CH_3OH)	0,79	−726,0
Etanol (CH_3CH_2OH)	0,79	−1367,0

BAIRD, C. **Química Ambiental**. São Paulo. Artmed, 1995 (adaptado).

Dados: Massas molares em g/mol:
H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0.

Considere que, em pequenos volumes, o custo de produção de ambos os alcoóis seja o mesmo. Dessa forma, do ponto de vista econômico, é mais vantajoso utilizar

a) metanol, pois sua combustão completa fornece aproximadamente 22,7 kJ de energia por litro de combustível queimado.
b) etanol, pois sua combustão completa fornece aproximadamente 29,7 kJ de energia por litro de combustível queimado.
c) metanol, pois sua combustão completa fornece aproximadamente 17,9 MJ de energia por litro de combustível queimado.
d) etanol, pois sua combustão completa fornece aproximadamente 23,5 MJ de energia por litro de combustível queimado.
e) etanol, pois sua combustão completa fornece aproximadamente 33,7 MJ de energia por litro de combustível queimado.

Gab: D

24 - (ENEM/2010)
Sob pressão normal (ao nível do mar), a água entra em ebulição à temperatura de 100 ºC. Tendo por base essa informação, um garoto residente em uma cidade litorânea fez a seguinte experiência:

- Colocou uma caneca metálica contendo água no fogareiro do fogão de sua casa.
- Quando a água começou a ferver, encostou cuidadosamente a extremidade mais estreita de uma seringa de injeção, desprovida de agulha, na superfície do líquido e, erguendo o êmbolo da seringa, aspirou certa quantidade de água para seu interior, tapando-a em seguida.
- Verificando após alguns instantes que a água da seringa havia parado de ferver, ele ergueu o êmbolo da seringa, constatando, intrigado, que a água voltou a ferver após um pequeno deslocamento do êmbolo.

Considerando o procedimento anterior, a água volta a ferver porque esse deslocamento

a) permite a entrada de calor do ambiente externo para o interior da seringa.
b) provoca, por atrito, um aquecimento da água contida na seringa.
c) produz um aumento de volume que aumenta o ponto de ebulição da água.
d) proporciona uma queda de pressão no interior da seringa que diminui o ponto de ebulição da água.
e) possibilita uma diminuição da densidade da água que facilita sua ebulição.

Gab: D

25 - (ENEM/2010)
Todo carro possui uma caixa de fusíveis, que são utilizados para proteção dos circuitos elétricos. Os fusíveis são constituídos de um material de baixo ponto de fusão, como o estanho, por exemplo, e se fundem quando percorridos por uma corrente elétrica igual ou maior do que aquela que são capazes de suportar. O quadro a seguir mostra uma série de fusíveis e os valores de corrente por eles suportados.

Fusível	Corrente Elétrica (A)
Azul	1,5
Amarelo	2,5
Laranja	5,0
Preto	7,5
Vermelho	10,0

Um farol usa uma lâmpada de gás halogênio de 55 W de potência que opera com 36 V. Os dois faróis são ligados separadamente, com um fusível para cada um, mas, após um mau funcionamento, o motorista passou a conectá-los em paralelo, usando apenas um fusível. Dessa forma, admitindo-se que a fiação suporte a carga dos dois faróis, o menor valor de fusível adequado para proteção desse novo circuito é o

a) azul.
b) preto.
c) laranja.
d) amarelo.
e) vermelho.

Gab: C

26 - (ENEM/2010)
A resistência elétrica de um fio é determinada pela suas dimensões e pelas propriedades estruturais do material. A condutividade (σ) caracteriza a estrutura do material, de tal forma que a resistência de um fio pode ser determinada conhecendo-se L, o comprimento do fio a A, a área de seção reta. A tabela relaciona o material à sua respectiva resistividade em temperatura ambiente.

Tabela de condutividade

Material	Condutividade (S·m/mm²)
Alumínio	34,2
Cobre	61,7
Ferro	10,2
Prata	62,5
Tungstênio	18,8

Mantendo-se as mesmas dimensões geométricas, o fio que apresenta menor resistência elétrica é aquele feito de

a) tungstênio.
b) alumínio.
c) ferro.
d) cobre.
e) prata.

Gab: E

27 - (ENEM/2010)

Ziegler, M.F. Energia Sustentável. **Revista IstoÉ**. 28 abr. 2010.

A fonte de energia representada na figura, considerada uma das mais limpas e sustentáveis do mundo, é extraída do calor gerado

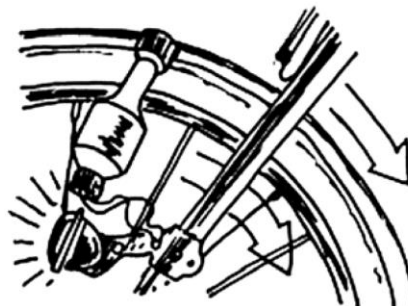
a) pela circulação do magma no subsolo.
b) pelas erupções constantes dos vulcões.
c) pelo sol que aquece as águas com radiação ultravioleta.
d) pela queima do carvão e combustíveis fósseis.
e) pelos detritos e cinzas vulcânicas.

Gab: A

28 - (ENEM/2010)
As cidades industrializadas produzem grandes proporções de gases como o CO_2, o principal gás causador do efeito estufa. Isso ocorre por causa da quantidade de combustíveis fósseis queimados, principalmente no transporte, mas também em caldeiras industriais. Além disso, nessas cidades concentram-se as maiores áreas com solos asfaltados e concretados, o que aumenta a retenção de calor, formando o que se conhece por “ilhas de calor”. Tal fenômeno ocorre porque esses materiais absorvem o calor e o devolvem para o ar sob a forma de radiação térmica.
Em áreas urbanas, devido à atuação conjunta do efeito estufa e das “ilhas de calor”, espera-se que o consumo de energia elétrica

a) diminua devido à utilização de caldeiras por indústrias metalúrgicas.
b) aumente devido ao bloqueio da luz do sol pelos gases do efeito estufa.
c) diminua devido à não necessidade de aquecer a água utilizada em indústrias.
d) aumente devido à necessidade de maior refrigeração de indústrias e residências.
e) diminua devido à grande quantidade de radiação térmica reutilizada.

Gab: D

29 - (ENEM/2010)
Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador, encontram-se um ímã e uma bobina.

Disponível em: http://www.if.usp.br. Acesso em: 1 maio 2010.

O princípio de funcionamento desse equipamento é explicado pelo fato de que a

a) corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
b) bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
c) bobina em atrito com o campo magnético no circuito fechado gera uma corrente elétrica.
d) corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético.
e) corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

Gab: E

30 - (ENEM/2010)
Atualmente, existem inúmeras opções de celulares com telas sensíveis ao toque (*touchscreen*). Para decidir qual escolher, é bom conhecer as diferenças entre os principais tipos de telas sensíveis ao toque existentes no mercado. Existem dois sistemas básicos usados para reconhecer o toque de uma pessoa:

O primeiro sistema consiste de um painel de vidro normal, recoberto por duas camadas afastadas por espaçadores. Uma camada resistente a riscos é colocada por cima de todo o conjunto. Uma corrente elétrica passa através das duas camadas enquanto a tela está operacional. Quando um usuário toca a tela, as duas camadas fazem contato exatamente naquele ponto. A mudança no campo elétrico é percebida, e as coordenadas do ponto de contato são calculadas pelo computador.
No segundo sistema, uma camada que armazena carga elétrica é colocada no painel de vidro do monitor. Quando um usuário toca o monitor com seu dedo, parte da carga elétrica é transferida para o usuário, de modo que a carga na camada que a armazena diminui. Esta redução é medida nos circuitos localizados em cada canto do monitor. Considerando as diferenças relativas de carga em cada canto, o computador calcula exatamente onde ocorrei o toque.

Disponível em: http://eletronicos.hsw.uol.com.br. Acesso em: 18 set. 2010 (adaptado).

O elemento de armazenamento de carga análogo ao exposto no segundo sistema e a aplicação cotidiana correspondente são, respectivamente,

a) receptores – televisor.
b) resistores – chuveiro elétrico.
c) geradores – telefone celular.
d) fusíveis – caixa de força residencial.
e) capacitores – *flash* de máquina fotográfica.

Gab: E

31 - (ENEM/2010)
Quando ocorre um curto-circuito em uma instalação elétrica, como na figura, a resistência elétrica total do circuito diminui muito, estabelecendo-se nele uma corrente muito elevada.

O superaquecimento da fiação, devido a esse aumento da corrente elétrica, pode ocasionar incêndios, que seriam evitados instalando-se fusíveis e disjuntores que interrompem essa corrente, quando a mesma atinge um valor acima do especificado nesses dispositivos de proteção.
Suponha que um chuveiro instalado em uma rede elétrica de 110 V, em uma residência, possua três posições de regulagem da temperatura da água. Na posição verão utiliza 2 100 W, na posição primavera, 2 400 W, e na posição inverno, 3 200 W.

GREF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: EDUSP, 1993 (adaptado).

Deseja-se que o chuveiro funcione em qualquer uma das três posições de regulagem de temperatura, sem que haja riscos de incêndio. Qual deve ser o valor mínimo adequado do disjuntor a ser utilizado?

a) 40 A
b) 30 A
c) 25 A
d) 23 A
e) 20 A

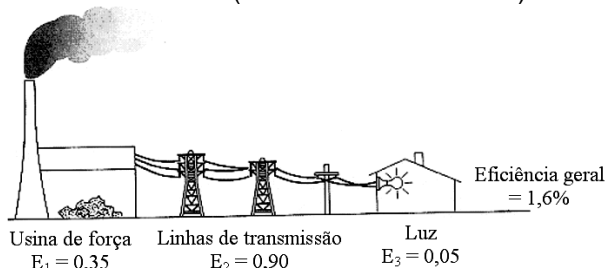
Gab: B

32 - (ENEM/2010)
Há vários tipos de tratamentos de doenças cerebrais que requerem a estimulação de partes do cérebro por correntes elétricas. Os eletrodos são introduzidos no cérebro para gerar pequenas correntes em áreas específicas. Para se eliminar a necessidade de introduzir eletrodos no cérebro, uma alternativa é usar bobinas que, colocadas fora da cabeça, sejam capazes de induzir correntes elétricas no tecidos cerebral.

Para que o tratamento de patologias cerebrais com bobinas seja realizado satisfatoriamente, é necessário que

a) haja um grande número de espiras nas bobinas, o que diminui a voltagem induzida.
b) o campo magnético criado pelas bobinas seja constante, de forma a haver indução eletromagnética.
c) se observe que a intensidade das correntes induzidas depende da intensidade da corrente nas bobinas.
d) a corrente nas bobinas seja contínua, para que o campo magnético possa ser de grande intensidade.
e) o campo magnético dirija a corrente elétrica das bobinas para dentro do cérebro do paciente.

Gab: C

33 - (ENEM/2009)
A eficiência de um processo de conversão de energia é definida como a razão entre a produção de energia ou trabalho útil e o total de entrada de energia no processo. A figura mostra um processo com diversas etapas. Nesse caso, a eficiência geral será igual ao produto das eficiências das etapas individuais. A entrada de energia que não se transforma em trabalho útil é perdida sob formas não utilizáveis (como resíduos de calor).

Eficiência geral da conversão de energia química em energia luminosa = $E_1 \times E_2 \times E_3 = 0,35 \times 0,90 \times 0,05 = 0,016$

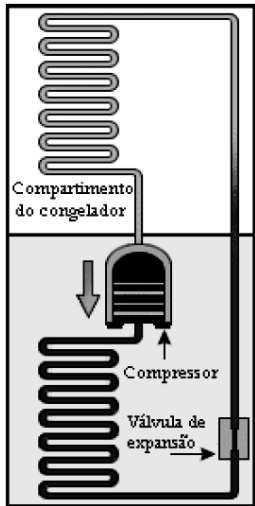
HINRICHS, R. A. Energia e Meio Ambiente. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003 (adaptado).

Aumentar a eficiência dos processos de conversão de energia implica economizar recursos e combustíveis. Das propostas seguintes, qual resultará em maior aumento da eficiência geral do processo?

a) Aumentar a quantidade de combustível para queima na usina de força.
b) Utilizar lâmpadas incandescentes, que geram pouco calor e muita luminosidade.
c) Manter o menor número possível de aparelhos elétricos em funcionamento nas moradias.
d) Utilizar cabos com menor diâmetro nas linhas de transmissão a fim de economizar o material condutor.
e) Utilizar materiais com melhores propriedades condutoras nas linhas de transmissão e lâmpadas fluorescentes nas moradias.

Gab: E

34 - (ENEM/2009)
A invenção da geladeira proporcionou uma revolução no aproveitamento dos alimentos, ao permitir que fossem armazenados e transportados por longos períodos. A figura apresentada ilustra o processo cíclico de funcionamento de uma geladeira, em que um gás no interior de uma tubulação é forçado a circular entre o congelador e a parte externa da geladeira. É por meio

dos processos de compressão, que ocorre na parte externa, e de expansão, que ocorre na parte interna, que o gás proporciona a troca de calor entre o interior e o exterior da geladeira.

Disponível em: http://home.howstuffworks.com. Acesso em: 19 out. 2008 (adaptado).

Nos processos de transformação de energia envolvidos no funcionamento da geladeira,

a) a expansão do gás é um processo que cede a energia necessária ao resfriamento da parte interna da geladeira.
b) o calor flui de forma não-espontânea da parte mais fria, no interior, para a mais quente, no exterior da geladeira.
c) a quantidade de calor cedida ao meio externo é igual ao calor retirado da geladeira.
d) a eficiência é tanto maior quanto menos isolado termicamente do ambiente externo for o seu compartimento interno.
e) a energia retirada do interior pode ser devolvida à geladeira abrindo-se a sua porta, o que reduz seu consumo de energia.

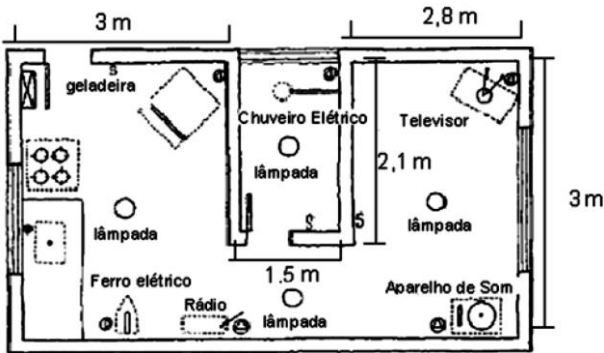
Gab: B

35 - (ENEM/2009)
A instalação elétrica de uma casa envolve várias etapas, desde a alocação dos dispositivos, instrumentos e aparelhos elétricos, até a escolha dos materiais que a compõem, passando pelo dimensionamento da potência requerida, da fiação necessária, dos eletrodutos*, entre outras.
Para cada aparelho elétrico existe um valor de potência associado. Valores típicos de potências para alguns aparelhos elétricos são apresentados no quadro seguinte:

Aparelhos	Potência (W)
Aparelho de som	120
Chuveiro elétrico	3.000
Ferro elétrico	500
Televisor	200
Geladeira	200
Rádio	50

*Eletrodutos são condutos por onde passa a fiação de uma instalação elétrica, com a finalidade de protegê-la.

A escolha das lâmpadas é essencial para obtenção de uma boa iluminação. A potência da lâmpada deverá estar de acordo com o tamanho do cômodo a ser iluminado. O quadro a seguir mostra a relação entre as áreas dos cômodos (em m^2) e as potências das lâmpadas (em W), e foi utilizado como referência para o primeiro pavimento de uma residência.

Área do Cômodo (m^2)	Potência da Lâmpada (W)		
	Sala/copa /cozinha	Quarto, varanda e corredor	Banheiro
Até 6,0	60	60	60
6,0 a 7,5	100	100	60
7,5 a 10,5	100	100	100

Obs.: Para efeitos dos cálculos das áreas, as paredes são desconsideradas.

Considerando a planta baixa fornecida, com todos os aparelhos em funcionamento, a potência total, em watts, será de

a) 4.070.
b) 4.270.
c) 4.320.
d) 4.390.
e) 4.470.

Gab: D

36 - (ENEM/2009)
O Sol representa uma fonte limpa e inesgotável de energia para o nosso planeta. Essa energia pode ser captada por aquecedores solares, armazenada e convertida posteriormente em trabalho útil. Considere determinada região cuja insolação — potência solar incidente na superfície da Terra — seja de 800 watts/m^2. Uma usina termossolar utiliza concentradores solares parabólicos que chegam a dezenas de quilômetros de extensão. Nesses coletores solares parabólicos, a luz refletida pela superfície parabólica espelhada é focalizada em um receptor em forma de cano e aquece o óleo contido em seu interior a 400 ºC. O calor desse óleo é transferido para a água, vaporizando-a em uma caldeira. O vapor em alta pressão movimenta uma turbina acoplada a um gerador de energia elétrica.

Considerando que a distância entre a borda inferior e a borda superior da superfície refletora tenha 6 m de largura e que focaliza no receptor os 800 watts/m^2 de radiação provenientes do Sol, e que o calor específico da água é 1 cal g^{-1} ºC^{-1} = 4.200 J kg^{-1} ºC^{-1}, então o comprimento linear do refletor parabólico necessário para elevar a temperatura de 1 m^3 (equivalente a 1 t) de água de 20 ºC para 100 ºC, em uma hora, estará entre

a) 15 m e 21 m.
b) 22 m e 30 m.
c) 105 m e 125 m.
d) 680 m e 710 m.
e) 6.700 m e 7.150 m.

Gab: A

37 - (ENEM/2009)
O manual de instruções de um aparelho de ar-condicionado apresenta a seguinte tabela, com dados técnicos para diversos modelos:

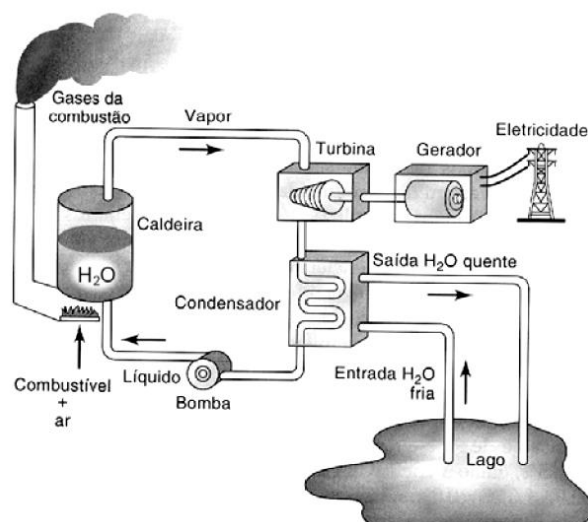
Capacidade de refrigeração kW(BTU/h)	Potência (W)	Corrente elétrica - ciclo frio (A)	Eficiência energética COP(W/W)	Vazão de ar (m^3/h)	Frequência (Hz)
3,52/(12.000)	1.193	5,8	2,95	550	60
5,42/(18.000)	1.790	8,7	2,95	800	60
5,42/(18.000)	1.790	8,7	2,95	800	60
6,45/(22.000)	2.188	10,2	2,95	960	60
6,45/(22.000)	2.188	10,2	2,95	960	60

Disponível em: http://www.institucional.brastemp.com.br. Acesso em: 13 jul. 2009 (adaptado).

Considere-se que um auditório possua capacidade para 40 pessoas, cada uma produzindo uma quantidade média de calor, e que praticamente todo o calor que flui para fora do auditório o faz por meio dos aparelhos de ar-condicionado. Nessa situação, entre as informações listadas, aquelas essenciais para se determinar quantos e/ou quais aparelhos de ar-condicionado são precisos para manter, com lotação máxima, a temperatura interna do auditório agradável e constante, bem como determinar a espessura da fiação do circuito elétrico para a ligação desses aparelhos, são

a) vazão de ar e potência.
b) vazão de ar e corrente elétrica - ciclo frio.
c) eficiência energética e potência.
d) capacidade de refrigeração e frequência.
e) capacidade de refrigeração e corrente elétrica – ciclo frio.

Gab: E

38 **- (ENEM/2009)**
O esquema mostra um diagrama de bloco de uma estação geradora de eletricidade abastecida por combustível fóssil.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. Energia e meio ambiente. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003 (adaptado).

Se fosse necessário melhorar o rendimento dessa usina, que forneceria eletricidade para abastecer uma cidade, qual das seguintes ações poderia resultar em alguma economia de energia, sem afetar a capacidade de geração da usina?

a) Reduzir a quantidade de combustível fornecido à usina para ser queimado.
b) Reduzir o volume de água do lago que circula no condensador de vapor.
c) Reduzir o tamanho da bomba usada para devolver a água líquida à caldeira.
d) Melhorar a capacidade dos dutos com vapor conduzirem calor para o ambiente.
e) Usar o calor liberado com os gases pela chaminé para mover um outro gerador.

Gab: E

39 - (ENEM/2009)
É possível, com 1 litro de gasolina, usando todo o calor produzido por sua combustão direta, aquecer 200 litros de água de 20 ºC a 55 ºC. Pode-se efetuar esse mesmo aquecimento por um gerador de eletricidade, que consome 1 litro de gasolina por hora e fornece 110 V a um resistor de 11Ω, imerso na água, durante um certo intervalo de tempo. Todo o calor liberado pelo resistor é transferido à água.

Considerando que o calor específico da água é igual a 4,19 J g^{-1} ºC^{-1}, aproximadamente qual a quantidade de gasolina consumida para o aquecimento de água obtido pelo gerador, quando comparado ao obtido a partir da combustão?

a) A quantidade de gasolina consumida é igual para os dois casos.
b) A quantidade de gasolina consumida pelo gerador é duas vezes maior que a consumida na combustão.
c) A quantidade de gasolina consumida pelo gerador é duas vezes menor que a consumida na combustão.
d) A quantidade de gasolina consumida pelo gerador é sete vezes maior que a consumida na combustão.

e) A quantidade de gasolina consumida pelo gerador é sete vezes menor que a consumida na combustão.

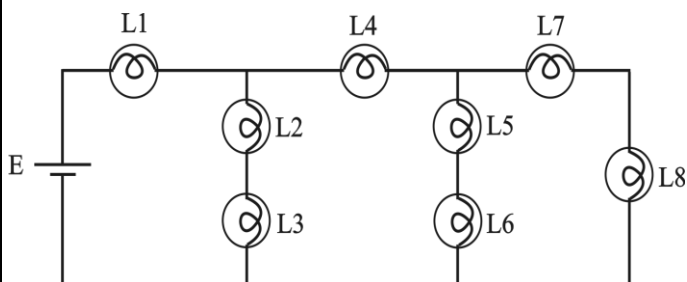
Gab: D

40 - (ENEM/2009)
Para que todos os órgãos do corpo humano funcionem em boas condições, é necessário que a temperatura do corpo fique sempre entre 36 ºC e 37 ºC. Para manter-se dentro dessa faixa, em dias de muito calor ou durante intensos exercícios físicos, uma série de mecanismos fisiológicos é acionada.

Pode-se citar como o principal responsável pela manutenção da temperatura corporal humana o sistema

a) digestório, pois produz enzimas que atuam na quebra de alimentos calóricos.
b) imunológico, pois suas células agem no sangue, diminuindo a condução do calor.
c) nervoso, pois promove a sudorese, que permite perda de calor por meio da evaporação da água.
d) reprodutor, pois secreta hormônios que alteram a temperatura, principalmente durante a menopausa.
e) endócrino, pois fabrica anticorpos que, por sua vez, atuam na variação do diâmetro dos vasos periféricos.

Gab: C

41 - (ENEM/2009)
Considere a seguinte situação hipotética: ao preparar o palco para a apresentação de uma peça de teatro, o iluminador deveria colocar três atores sob luzes que tinham igual brilho e os demais, sob luzes de menor brilho. O iluminador determinou, então, aos técnicos, que instalassem no palco oito lâmpadas incandescentes com a mesma especificação (L1 a L8), interligadas em um circuito com uma bateria, conforme mostra a figura.

Nessa situação, quais são as três lâmpadas que acendem com o mesmo brilho por apresentarem igual valor de corrente fluindo nelas, sob as quais devem se posicionar os três atores?

a) L1, L2 e L3.
b) L2, L3 e L4.
c) L2, L5 e L7.
d) L4, L5 e L6.
e) L4, L7 e L8.

Gab: B

42 - (ENEM/2009)
Durante uma ação de fiscalização em postos de combustíveis, foi encontrado um mecanismo inusitado para enganar o consumidor. Durante o inverno, o responsável por um posto de combustível compra álcool por R$ 0,50/litro, a uma temperatura de 5 °C. Para revender o líquido aos motoristas, instalou um mecanismo na bomba de combustível para aquecê-lo, para que atinja a temperatura de 35 °C, sendo o litro de álcool revendido a R$ 1,60. Diariamente o posto compra 20 mil litros de álcool a 5 ºC e os revende.

Com relação à situação hipotética descrita no texto e dado que o coeficiente de dilatação volumétrica do álcool é de 1×10^{-3} $ºC^{-1}$, desprezando-se o custo da energia gasta no aquecimento do combustível, o ganho financeiro que o dono do posto teria obtido devido ao aquecimento do álcool após uma semana de vendas estaria entre

a) R$ 500,00 e R$ 1.000,00.
b) R$ 1.050,00 e R$ 1.250,00.
c) R$ 4.000,00 e R$ 5.000,00.
d) R$ 6.000,00 e R$ 6.900,00.
e) R$ 7.000,00 e R$ 7.950,00.

Gab: D

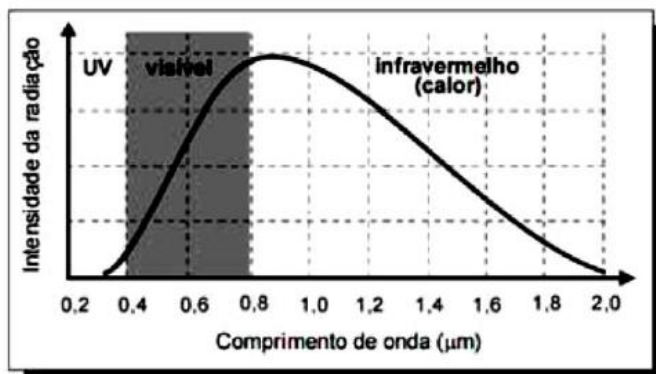
43 - (ENEM/2009)
Além de ser capaz de gerar eletricidade, a energia solar é usada para muitas outras finalidades. A figura a seguir mostra o uso da energia solar para dessalinizar a água. Nela, um tanque contendo água salgada é coberto por um plástico transparente e tem a sua parte central abaixada pelo peso de uma pedra, sob a qual se coloca um recipiente (copo). A água evaporada se condensa no plástico e escorre até o ponto mais baixo, caindo dentro do copo.

HINRICHS, R. A,; KLEINBACH, M. Energia e meio ambiente. São Paulo: Pioneira Thomson Leaming, 2003 (adaptado)

Nesse processo, a energia solar cedida à água salgada
a) fica retida na água doce que cai no copo, tornando-a, assim, altamente energizada.
b) fica armazenada na forma de energia potencial gravitacional contida na água doce.
c) é usada para provocar a reação química que transforma a água salgada em água doce.
d) é cedida ao ambiente externo através do plástico, onde ocorre a condensação do vapor.
e) é reemitida como calor para fora do tanque, no processo de evaporação da água salgada.

Gab: D

44 - (ENEM/2008)
A eficiência luminosa de uma lâmpada pode ser definida como a razão entre a quantidade de energia emitida na forma de luz visível e a quantidade total de energia

gasta para o seu funcionamento. Admitindo-se que essas duas quantidades possam ser estimadas, respectivamente, pela área abaixo da parte da curva correspondente à faixa de luz visível e pela área abaixo de toda a curva, a eficiência luminosa dessa lâmpada seria de aproximadamente

a) 10%.
b) 15%.
c) 25%.
d) 50%.
e) 75%.

Gab: C

45 - (ENEM/2008)
Uma fonte de energia que não agride o ambiente, é totalmente segura e usa um tipo de matéria prima infinita é a energia eólica, que gera eletricidade a partir da força dos ventos. O Brasil é um país privilegiado por ter o tipo de ventilação necessária para produzi-la. Todavia, ela é a menos usada na matriz energética brasileira. O Ministério de Minas e Energia estima que as turbinas eólicas produzam apenas 0,25% da energia consumida no país. Isso ocorre porque ela compete com uma usina mais barata e eficiente: a hidrelétrica, que responde por 80% da energia do Brasil. O investimento para se construir uma hidrelétrica é dos ventos é bastante competitiva, custando R$ 200,00 por megawatt-hora frente a R$ 150,00 por megawatt-hora das hidrelétricas e a R$ 600,00 por megawatt-hora das termelétricas.

Época. 21/4/2008 (com adaptações).

De acordo com o texto, entre as razões que contribuem para a menor participação da energia eólica na matriz energética brasileira, inclui-se o fato de

a) haver, no país, baixa disponibilidade de ventos que podem gerar energia elétrica.
b) o investimento por quilowatt exigido para a construção de parques eólicos ser de aproximadamente 20 vezes o necessário para a construção de hidrelétricas.
c) o investimento por quilowatt exigido para a construção de parques eólicos ser igual a 1/3 do necessário para a construção de usinas nucleares.
d) o custo médio por megawatt-hora de energia obtida após instalação de parques eólicos ser igual a 1,2 multiplicado pelo custo médio do megawatt-hora obtido das hidrelétricas.
e) o custo médio por megawatt-hora de energia obtida após instalação de parques eólicos ser igual a 1/3 do custo médio do megawatt-hora obtido das termelétricas.

Gab: B

46 - (ENEM/2011)
Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma.

CARVALHO, A. X. Z. Física Térmica. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a

a) liberação de calor dentro do motor ser impossível.
b) realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
c) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
d) transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
e) utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.

Gab: C

47 - (ENEM/2010)
Duas irmãs que dividem o mesmo quarto de estudos combinaram de comprar duas caixas com tampas para guardarem seus pertences dentro de suas caixas, evitando, assim, a bagunça sobre a mesa de estudos. Uma delas comprou uma metálica, e a outra, uma caixa de madeira de área e espessura lateral diferentes, para facilitar a identificação. Um dia as meninas foram estudar para a prova de Física e, ao se acomodarem na mesa de estudos, guardaram seus celulares ligados dentro de suas caixas. Ao longo desse dia, uma delas recebeu ligações telefônicas, enquanto os amigos da outra tentavam ligar e recebiam a mensagem de que o celular estava fora da área de cobertura ou desligado. Para explicar essa situação, um físico deveria afirmar que o material da caixa, cujo telefone celular não recebeu as ligações é de

a) madeira, e o telefone não funcionava porque a madeira não é um bom condutor de eletricidade.
b) metal, e o telefone não funcionava devido à blindagem eletrostática que o metal proporcionava.
c) metal, e o telefone não funcionava porque o metal refletia todo tipo de radiação que nele incidia.
d) metal, e o telefone não funcionava porque a área lateral da caixa de metal era maior.
e) madeira, e o telefone não funcionava porque a espessura desta caixa era maior que a espessura da caixa de metal.

Gab: B

48 - (ENEM/2009)
A eficiência de um processo de conversão de energia, definida como sendo a razão entre a quantidade de energia ou trabalho útil e a quantidade de energia que entra no processo, é sempre menor que 100% devido a limitações impostas por leis físicas. A tabela a seguir, mostra a eficiência global de vários processos de conversão.

Sistema	Eficiência
Geradores elétricos	70 – 99%
Motor elétrico	50 – 95%
Fornalha a gás	70 – 95%
Termelétrica a carvão	30 – 40%
Usina nuclear	30 – 35%
Lâmpada fluorescente	20%
Lâmpada incandescente	5%
Célula solar	5 – 28%

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003 (adaptado).

Se essas limitações não existissem, os sistemas mostrados na tabela, que mais se beneficiariam de investimentos em pesquisa para terem suas eficiências aumentadas, seriam aqueles que envolvem as transformações de energia

a) mecânica $\leftrightarrow$ energia elétrica.
b) nuclear $\rightarrow$ energia elétrica.
c) química $\leftrightarrow$ energia elétrica.
d) química $\rightarrow$ energia térmica.
e) radiante $\rightarrow$ energia elétrica.

Gab: E

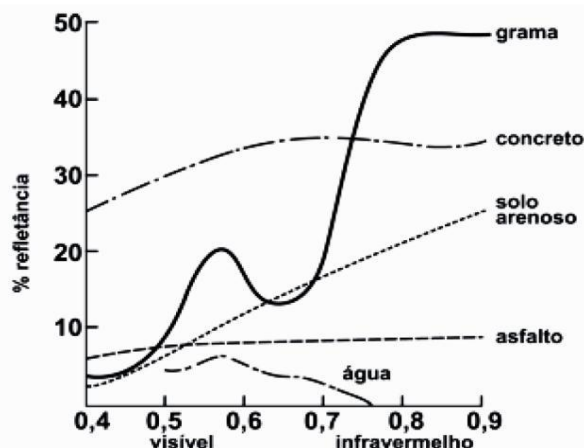
49 - (ENEM/2009)
A nanotecnologia está ligada à manipulação da matéria em escala nanométrica, ou seja, uma escala tão pequena quanto a de um bilionésimo do metro. Quando aplicada às ciências da vida, recebe o nome de nanobiotecnologia. No fantástico mundo da nanobiotecnologia, será possível a invenção de dispositivos ultrapequenos que, usando conhecimentos da biologia e da engenharia, permitirão examinar, manipular ou imitar os sistemas biológicos.

LACAVA, Z.; MORAIS, P. Nanobiotecnologia e saúde. Com Ciência. Reportagens. Nanociência & Nanotecnologia. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano15.htm>. Acesso em: 4 maio 2009.

Como exemplo da utilização dessa tecnologia na Medicina, pode-se citar a utilização de nanopartículas magnéticas (nanoimãs) em terapias contra o câncer. Considerando-se que o campo magnético não age diretamente sobre os tecidos, o uso dessa tecnologia em relação às terapias convencionais é

a) de eficácia duvidosa, já que não é possível manipular nanopartículas para serem usadas na medicina com a tecnologia atual.
b) vantajoso, uma vez que o campo magnético gerado por essas partículas apresenta propriedades terapêuticas associadas ao desaparecimento do câncer.
c) desvantajoso, devido à radioatividade gerada pela movimentação de partículas magnéticas, o que, em organismos vivos, poderia causar o aparecimento de tumores.
d) desvantajoso, porque o magnetismo está associado ao aparecimento de alguns tipos de câncer no organismo feminino como, por exemplo, o câncer de mama e o de colo de útero.
e) vantajoso, pois se os nanoimãs forem ligados a drogas quimioterápicas, permitem que estas sejam fixadas diretamente em um tumor por meio de um campo magnético externo, diminuindo-se a chance de que áreas saudáveis sejam afetadas.

Gab: E

50 - (ENEM/2011)
O processo de interpretação de imagens capturadas por sensores instaladas a bordo de satélites que imageiam determinadas faixas ou bandas do espectro de radiação eletromagnética (REM) baseia-se na interação dessa radiação com os objetos presentes sobre a superfície terrestre. Uma das formas de avaliar essa interação é por meio da quantidade de energia refletida pelos objetos. A relação entre a refletância de um dado objeto e o comprimento de onda da REM é conhecida como curva de comportamento espectral ou assinatura espectral do objeto, como mostrado na figura, para objetos comuns na superfície terrestre.

D'ARCO, E. **Radiometria e Comportamento Espectral de Alvos**. INPE.
Disponível em: http://www.agro.unitau.br. Acesso em: 3 maio 2009.

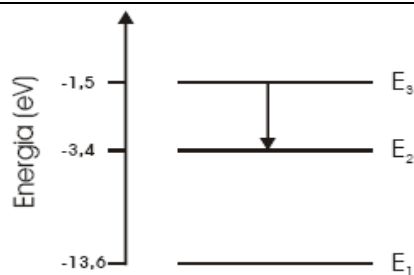
De acordo com as curvas de assinatura espectral apresentadas na figura, para que se obtenha a melhor discriminação dos alvos mostrados, convém selecionar a banda correspondente a que comprimento de onda em micrômetros (μm)?

a) 0,4 a 0,5.
b) 0,5 a 0,6.
c) 0,6 a 0,7.
d) 0,7 a 0,8.
e) 0,8 a 0,9.

Gab: E

51 – O efeito fotoelétrico, explorado em sensores, células fotoelétricas e outros detectores eletrônicos de luz, refere-se à capacidade da luz de retirar elétrons da superfície de um metal. Quanto a este efeito, pode-se afirmar que
(A) a energia dos elétrons ejetados depende da intensidade da luz incidente.
(B) a energia dos elétrons ejetados é discreta, correspondendo aos quanta de energia.
(C) a função trabalho depende do número de elétrons ejetados.
(D) a velocidade dos elétrons ejetados depende da cor da luz incidente.
(E) o número de elétrons ejetados depende da cor da luz incidente.

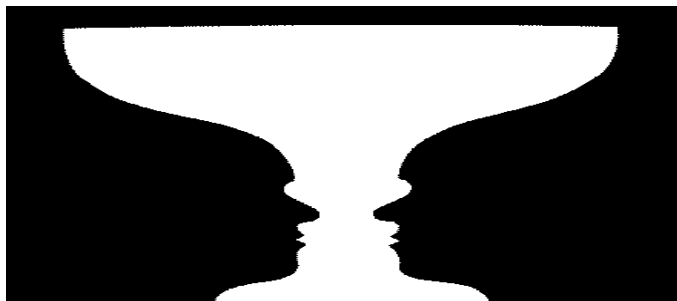
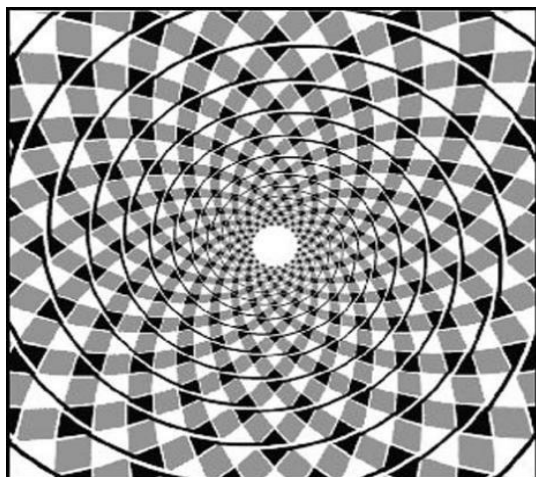
Gab: D

52 – Transições eletrônicas, em que fótons são absorvidos ou emitidos, são responsáveis por muitas das cores que percebemos. Na figura abaixo, vê-se parte do diagrama de energias do átomo de hidrogênio.

Na transição indicada ($E_3 \rightarrow E_2$), um fóton de energia

(A) 1,9 eV é emitido.
(B) 1,9 eV é absorvido.
(C) 4,9 eV é emitido.
(D) 4,9 eV é absorvido.
(E) 3,4 eV é emitido.

Gab: A

Será este um ocaso??? Ou um novo amanhecer???

Uma taça para brindarmos? Será?

Será que são circunferências?

Jovem ou velha???

E ai? Sobe ou desce?

Na verdade tudo depende de como se olha cada dia...

cada objeto...

cada situação...

cada pessoa...

e o que queremos para nós...

Que Deus despeje suas bênçãos sobre todos nós e nos faça ver e ser o melhor em cada situação, em cada acontecimento, em cada momento de nossas vidas.

Frederico Mercadante

merkfred@gmail.com